Радио-инж. В. А. ГУРОВ

Как построить самому приемную радиостанцию

ИЗДАТЕЛЬСТВО «П. П. СОЙКИН» в ЛЕНИНГРАДЕ
1925.

Ленинградский Гублит № 14354. Тираж 20.000

Типография „НОВАЯ ЗАРЯ“ улица Толмачева № 7

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА.

В сущности, первая глава моей книги, могла бы служить вполне достаточным введением к дальнейшему изложению. Но мне казалось уместным сказать несколько слов о радиолюбительской литературе вообще.

Нет никакой возможности дать в книге в сто страниц вполне исчерпывающее описание приема радиосигналов, когда о каждой части приемного устройства, антеннах, катушках, конденсаторах, усилителях написаны специальные работы.

Предметом настоящей книги является вопрос о самостоятельном построении приемной радиостанции в целом. На русском языке уже появилось довольно большое количество переводных книг по различным вопросам любительской практики, в которых можно найти ответ на многие вопросы, которые занимают любителя. Наша книга рассматривает вопрос с общей точки зрения без особой детализации, давая, однако, полную возможность осуществить радиоприем, способный удовлетворить самого требовательного любителя.

Все изложение теоретических обоснований ведется на основании электронной теории. Это направление, которое мне посоветовал взять проф. И. Г. Фрейман, является наиболее уместным в современной радиотехнической книге. Я не счел также возможным ограничиться только перечислением рецептов изготовления приемников, но полагаю, что любитель, особенно в начале, должен совершенно ясно представить себе картину радиопередачи и приема и тогда легко выйдет из затруднений в своей работе. С этой же целью в книге приведен общий обзор главных основ теории электрических явлений.

Приношу благодарность моему уважаемому другу проф. И. Г. Фрейману за его советы при составлении этой книги.

Вл. Гуров.



Условные знаки, применяемые в радиотелеграфных схемах.

Часть I.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ.

1. Радиолюбители и профессионалы.

Прогресс техники почти во всех ее отраслях совершался не только узкими специалистами в данной области, но и лицами, не посвятившими всей своей жизни изучению науки. Много весьма важных усовершенствований в точных механизмах, значительных открытий и изобретений сделано людьми, которые, по крайней мере в начале своей деятельности, отдавали своим занятиям лишь досуги и были так называемыми «любителями».

Любители всех возрастов и наций отличались от специалистов прежде всего истинной любовью к науке и технике, и потому иногда их наблюдению оказывались доступны те явления, которые ускользали от внимания профессионала. Конечно, не обладая глубокой теоретической подготовкой, любители часто делают грубые ошибки. Но ясное внимание, не загроможденная запоминанием обширных теоретических основ память, способны делать выводы, побуждать любителя к опытам, на которые не рискнул бы работник, относящийся критически к своей работе.

К сожалению, одного стремления к науке слишком мало. Любитель должен обладать определенным количеством познаний, должен все время стремиться узнать возможно полнее и обширнее интересующее его дело и проверять свои познания на опыте. Тогда он будет идти вперед, понемногу все детали изучаемых явлений выявят свою сущность, новые факты, которые могут всегда проявиться, обратят на себя внимание экспериментатора, и путь к прогрессу в данной области техники уже расчищен.

Любители радиотехники не всегда начинают с того, чтобы предварительно ознакомиться с элементами этой интересной науки. Очень просто приобрести прибор для приема, скажем, радиоконцертов,

излучаемых в том же городе, кое-как его установить и восхищаться слабыми звуками, которые удастся уловить. Истинный радиолюбитель поступит иначе. Одновременно с покупкой приемника следует обязательно начать изучение элементов радиотехники, причем необходимо постараться пройти, хотя бы в упрощенной форме, но все отрасли радиотехники. Любитель, имеющий только приемную станцию, все же должен ознакомиться и со способами передачи радиотелеграфных и радиотелефонных сигналов, затем должен обратить внимание на происхождение мешающих действий при приеме и должен стремиться улучшить работу своих аппаратов, насколько это технически возможно. Последнее потребует уже совершенно ясного представления явлений, совершающихся в приборах, т.-е. определенных теоретических познаний. Это будет уже нетрудно, так как трудно усвоить только начальные основания электромагнитных волн. Помочь любителю в этой стадии его развития и есть цель настоящей книги.

2. Основы теории электрических явлений.

Прежде чем коснуться разбора действия и устройства радиостанций, будет очень полезно усвоить хотя-бы в элементарном виде современный взгляд на природу электричества и его проявлений.

Всякое тело, по воззрениям так называемой «атомистической гипотезы», состоит из мельчайших материальных частиц, находящихся сравнительно на большом расстоянии одна от другой. Частицы ;эти называются «атомами» и представляют собою крайний предел расщепления данного вещества. Самое замечательное в этой теории то, что каждый атом оказывается некоторым центром, около которого чрезвычайно быстро вращается маленькая частица отрицательного электричества, самый же атом заряжен положительным электричеством. Весьма малая частица отрицательного электричества есть атом электричества и называется «электроном». Группа атомов вещества и вращающийся около него по круговой орбите один или несколько электронов, ведут себй как нечто целое. Размеры атома необычайно малы, всего 10^{-8} см. (одна стомиллионная доля сантиметра) и при этом ядро имеет радиус всего 10^{-12} см., а каждый электрон всего лишь $2{,}10^{-13}$ см.

А т о м н ы е с и с т е м ы т а к о г о т и п а о т л и ч а ю т с я д л я р а з н ы х в е щ е с т в ч и с л о м э л е к т р о н о в и п р и р о д о й п о л о ж и т е л ь н о з а р я ж е н н о г о я д р а. Различные системы ядер и электронов могут вступать между собою в комбинации,

образуя таким образом сложные системы из нескольких ядер и многих вращающихся около них электронов. Такие комбинации атомов называются молекулами (рис. 1. Молекула водорода).

Такой сложный взгляд на строение вещества появился вследствие детального анализа многих физических явлений, и в настоящее время представляется наиболее удобным для объяснения процессов, которые имеют место во многих частях радиопередачи. Необходимо поэтому ясно усвоить, что твердое по виду тело или заполняющий пространство газ, в действительности состоят из громадного количества *) материальных-положительно заряженных частиц, окруженных вращающимися около них электронами. Кроме электронов, связанных с ядрами, около которых они вращаются, в некоторых телах, которые называются проводниками, имеется весьма небольшое количество свободно перемещающихся электронов. Количество их весьма мало: всего на 10^6 атомов приходится один свободный электрон.

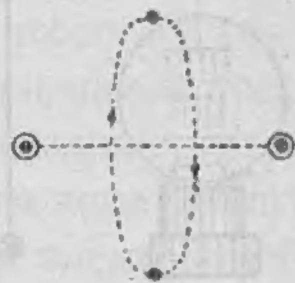


Рис 1.

Молекулы вещества находятся в непрерывном движении, а мы судим об интенсивности этого движения, называя его тепловым состоянием. Чем быстрее совершается это движение, тем горячее кажется нам предмет и, наконец, когда внутренние толчки молекул одной о другую сделаются настолько сильными, что взаимная связь между ними нарушается,—тело начинает испаряться, и молекулы переходят в пространство, значительно слабее связанные между собою, в виде пара или газа.

В этом процессе—увеличения интенсивности движения молекул внутри данного тела, легко может случиться, что свободно движущиеся между молекулами электроны вылетают из тела, в котором они находились, и, если вблизи такого тела находится положительно заряженное тело, то электроны летят на него. Таким положительно заряженным телом может быть какая-нибудь металлическая пластинка, заряженная положительно. Некоторые тела теряют электроны очень легко, будучи нагреты лишь до слабо красного каления. Другие, на оборот теряют их лишь при весьма сильном калении и одновременно распыляются.

Это явление положено в основу устройства так называемых «электронных пустотных приборов».

---

*) В воздухе при 760 мм. давления и 0° С. находится $2,7 \cdot 10^{19}$ молекул.

Представим себе стеклянный баллон, из которого совершенно выкачен воздух. Если в таком баллоне поместить накаленную металлическую проволочку или пластинку, то с ее поверхности будут выделяться электроны. Около накаленной проволочки помещают металлическую холодную пластинку, которая снаружи заряжается положительным зарядом. Тогда электроны полетят через пустоту с накаленной проволочки на пластинку (рис. 2).

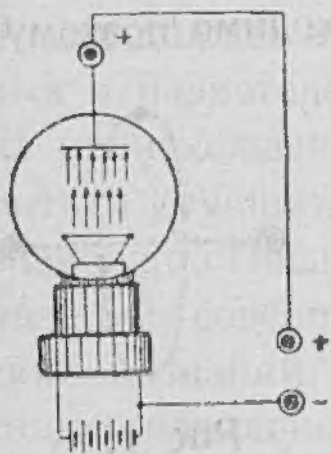


Рис. 2.

Перемещение электронов в пространстве создает то, что мы называем «электрическим током». Создать такое перемещение электронов можно еще и другими способами. При всяких измнеениях внутреннего состава тела происходит перемещение электронов и можно получить ток. Если, например, погрузить в раствор серной кислоты цинковую и медную пластинки и соединить их проволокой, то электроны, которые освобождаются от химического действия кислоты на металл, способны нарушить равновесие атомных систем в проволоке. Свободные электроны, находившиеся в пространстве между теми атомными системами, которые находятся в непосредственной близости с системами, испытывающими влияние химического разложения пластинок, перемещаются первоначально по металлу пластинки, сначала под влиянием зарядов, получившихся на пластинке вследствие ее химического разложения, а затем в проводнике, и таким образом по всей проволоке происходит движение электронов, а мы обнаружим в ней электрический ток.

Значит, электрический ток возможен и в некоторых твердых телах, и при этом электроны перемещаются между орбитами вращающихся электронов. Тела, в которых возможны такие перемещения электронов, называются проводниками электричества. К ним относятся все металлы, графит (уголь), органические тела, многие растворы.

Но существуют также и такие тела, в которых нет свободных электронов и возможно лишь некоторое изменение их орбит вращения, так что ток имеет вид лишь небольшого смещения электронов в сторону, причем это смещение электрона с его правильной орбиты тотчас же уничтожается, как только пропадает причина, его вызвавшая. Нечто подобное можно представить себе, сдавив упругую, напр., резиновую пластинку. Как только сила, сдавливавшая пластинку,

убрана, она тотчас же принимает прежний вид. Явление тока смещения в таком теле не сопровождается механическим воздействием, но имеет лишь строго внутри-молекулярный характер. Это будут непроводники электричества, или диэлектрики. К таким телам относятся всевозможные смолы, резина, стекло и некоторые искусственные вещества (бакелит).

Изложенный взгляд на природу электричества позволит нам легко разобраться с особой ясностью во многих его внешних проявлениях. Но электронная теория есть достояние последних дней, законы же движения электричества или электрического тока создавались многие десятки лет. Поэтому, помня все время электронное строение электрического тока, мы рассмотрим теперь главные законы, которым он подчиняется, рассматривая его просто как ток, текущий по проводнику.

3. Законы движения электрического тока.

Как мы видели, во всяком проводнике возможно перемещение электронов или существование электрического тока. Та сила, которая вызывает движение этих электронов, называется электродвижущей силой и обозначается буквой E. Электродвижущая сила создает между данными точками проводника так называемую разность потенциалов, т.-е. в данных точках электрические состояния проводника различны. Появление такой разности потенциалов в указанных точках проводника может быть создано напр., присоединением к этим точкам медной и цинковой пластинок и погружением этих пластинок в раствор серной кислоты. Тогда такой проводник может быть уподобен трубке, соединяющей два резервуара с водой, находящихся на различной высоте один от другого. Разность высот этих резервуаров совершенно аналогична разности электрических потенциалов. рассматриваемых точек проводника. Электрический ток, также как и течение воды, будет существовать, пока существует разность потенциалов или, в случае водяной трубки, разность уровней воды в резервуарах. Направление тока, следовательно, от высшего потенциала к нисшему. Разность электрических потенциалов измеряется в вольтах.

Аналогично трению воды о стенки трубки, электрический ток испытывает некоторое сопротивление своему движению, и это сопро-

тивление не может быть побеждено ничем иным, как повышением разности потенциалов данных точек, подобно тому, как и течение воды в очень тонкой трубке возможно лишь при весьма значительной разности уровней в резервуарах. Поэтому можно сказать, что сила тока пропорциональна разности потенциалов и обратно пропорциональна сопротивлению проводника. Это сопротивление измеряется в омах и обозначается буквою R. Сила тока измеряется в амперах и обозначается I. Отсюда получаем первый основной закон движения электрического тока,—закон Ома, найденный экспериментально.

$$I = \frac{E}{R}$$

Единицы измерения вольт, ампер и ом называются практическими единицами.

Количество электричества, протекшее в течение определенного времени, измеряется особыми единицами—кулонами, которые аналогичны единицам, измеряющим вытекшую из резервуара воду, так что некоторый проводник, через который в течение одной секунды ток в 1 ампер пропустит 1 кулон электричества. Количество электричества сокращенно обозначается буквой Q, а время—буквой T. Отсюда можно написать, что

$$Q = I \cdot T.$$

Как мы предположили выше, механизм прохождения тока по проводнику заключался в том, что свободные электроны отдельных атомов перемещались между атомами, так что некоторое время равновесие между атомическими системами нарушалось, и вполне возможно перемещение и самых молекул в данном проводнике. В таком случае молекулы начинают двигаться скорее или медленнее, а мы это обнаружим с внешней стороны тем, что проводник будет нагреваться или охлаждаться, так как,—о чем уже упомянуто выше,—наш орган чувств, дающий впечатление холода или тепла, фактически нам сообщает приблизительно, как скоро движутся молекулы в данном теле. Большинство тел нагревается от прохождения по ним электрического тока, но существуют и такие, которые при этом охлаждаются. Естественно предположить, что механизм перехода электронов между атомами имеет некоторую стройность в телах вполне однородных, и такие тела будут нагреваться при прохождении тока. Таковы почти все металлы. Но если на пути тока имеется часть разнородных соеди-

ний, например, спайка двух различных проволок, то место спайки может оказаться пунктом, в котором произойдет замедление движения молекул, и это место охладится. Охлаждение спая имеет место только при некоторых металлах, например, между висмутом и сурьмою. Как и следует ожидать, справедливо и обратное явление, т.-е. нагревание спая разнородных металлов может вызвать электрический ток.

Что происходит в теле, которое не проводит электричество, но которое подвергнуто разности потенциалов?

Представим себе, что некоторая пластинка из непроводящего вещества (диэлектрика) имеет с двух своих сторон наложенные на нее металлические пластинки, соединенные с источником электридвижущей силы. Одна из этих пластинок получает, следовательно, положительный заряд, а другая—отрицательный. Тотчас же в молекулах диэлектрика получаются деформации. Отрицательные электроны, обращающиеся около каждого атома, стремятся притянуться к металлической пластинке, заряженной положительно, но так как атомические системы обладают большой стойкостью и электроны не отрываются от ядер атомов, то между системами вещества происходит натяжение, аналогичное натяжению пружины. Увеличим еще разность потенциалов обкладок, еще больше увеличатся упругие натяжения между частицами вещества и, наконец, когда внутренние силы не в состоянии преодолеть силы притяжения между электронами и зарядами на пластинках, происходит внезапный разрыв между частицами и проходит электрический ток в виде электрической искры через диэлектрик и он оказывается пробит.

Эти упругие натяжения между электронами в молекулах диэлектрика дают возможность сосредоточить значительно больший заряд на пластинках, чем это было-бы возможно, если бы пластинки были уединены отдельно. Эти натяжения существуют, конечно, только при наличии заряда. Как только заряд исчезает, всякие междуэлектронные натяжения исчезают, и орбиты движения электронов опять становятся такими же, какими они были до появления зарядов на прилегающих к диэлектрику пластинках. Однако, появление заряда на пластинках вызывает все-же некоторое перемещение электронов внутри диэлектрика. Эти перемещения ограничены очень небольшим пространством, но они все же существуют, так как смещение одного электрона вызывает изменения равновесия всей системы и смещения ряда соседних. Мы назвали всякое движение электронов в каком-либо теле—электрическим током и нам остается допустить, что и в диэлектрике возможен такой ток. Но в отличие от тока свобод-

ных электронов в проводнике или в пустоте, ток перемещения электронов в диэлектрике называется т о к о м с м е щ е н и я. Этот ток отличается от тока проводимости тем, что, как указано выше, электрон испытывает лишь небольшое перемещение.

Если разность потенциалов, приложенная к пластинкам, прилегающим к диэлектрику, быстро меняет свой знак, то смещения электронов быстро следуют из стороны в сторону и, следовательно, через конденсатор идет переменный ток. Этот ток имеет все свойства обычного тока, т.-е. нагревает диэлектрик, создает магнитное поле и т. п. (как будте объяснено ниже).

Заряд такой системы зависит от природы диэлектрика, так как упругие натяжения в различных диэлектриках иные и зависят от некоторой величины, которую называют «диэлектрической постоянной» данной среды. Весь прибор, дающий таким образом возможность сосредоточить значительные количества электричества на обкладках, называется к о н д е н с а т о р о м. Название это происходит от старых воззрений на природу электричества, по которым при помощи конденсатора полагали возможным сгущать электричество.

Конденсаторы имеют огромное значение в радиотехнике и, как мы увидим ниже, ни один радиотелеграфный процесс не обходится без их участия. Заряд, который можно сосредоточить в данном конденсаторе, зависит от разности потенциалов на обкладках и его э л е к т р о е м к о с т и. Чем больше электроемкость конденсатора, тем большее количество электричества можно сосредоточить в конденсаторе. Электроемкость или просто емкость конденсатора обозначается буквой C. По нашим предыдущим обозначениям мы можем написать, что

$$Q = V \cdot C.$$

Электроемкость весьма мало аналогична понятию емкости, принятому в общежитии. Скорее ее можно было бы сравнить с емкостью упруго-растягивающегося сосуда. Иначе говоря, емким с точки зрения электрической будет предмет, имеющий не большие размеры, но способный вынести большую разность потенциалов и больший заряд. В данном случае, материал, из которого сделан такой сосуд, оказывается играющим очень большую роль и аналогичен диэлектрической постоянной электрического конденсатора.

Емкость измеряется в «ф а р а д а х». На практике чаще употребляется единица, равная одной миллионной этой величины, так называемая «м и к р о ф а р а д а».

Кроме указанных электрических единиц: вольт, ампер, ом, кулон, фарада и называамых практическими, имеются еще и другие называемые «абсолютными» единицами (или единицами системы «C. G. S.»), которые в свою очередь делятся на электромагнитные и электростатические абсолютные единицы. И те, и другие применяются в радиотехнике. Зависимость между ними следующая:

A = 1 ампер = 0,1 абсол. эл. магн. единицы = $3 . 10^{-9}$ абс. эл. ст. ед.
V = 1 вольт = 10^8 » » » » = $^1/_{300}$ » » » »
Ω = 1 ом = 10^9 » » » » = $^1/_9 . 10^{-11}$ » » »
1 кулон = 0,1 » » » » = $3 . 10^{-9}$ » » »
F = 1 фарада = 10^{-9} » » » » = $9 . 10^{11}$ » » »
H = 1 Генри = 10^9 » » » » = $^1/_9 . 10^{-11}$ » » »

Абсолютные единицы имеют специальные названия только для измерения емкости и самоиндукции и называются сантиметрами. Остальные единицы употребляются без особых названий.

Так как все окружающее нас пространство заполнено проходящими и непроводящими телами, то как только какой-либо проводник получает заряд, т.-е. между ними и другим проводящим телом (напр., землей) обнаруживается разность потенциалов, мы уже можем говорить об емкости данной системы. Простанство, заполненное диэлектриком, получает внутренние упругие натяжения и проводник, имеющий некоторый заряд, рассматриваемый в его комбинации с другим проводником, образуют конденсатор. Таким образом всякая система двух проводников, разделенных слоем диэлектрика, есть конденсатор определенной емкости. Слой диэлектрика может быть очень велик и все-же мы имеем право рассматривать эти два проводника, как обкладки конденсатора. Простанство между заряженными проводниками, в котором существуют упругие натяжения, называется электрическим полем.

Конденсаторы, применяемые в технике, представляют собою приборы, состоящие из нескольких пар пластинок, разделенных между собою слоем диэлектрика. Таким диэлектриком может служить воздух, стекло, эбонит или сухое масло. Для того, чтобы менять емкость, такие конденсаторы устраиваются иногда с выдвижными обкладками,—«конденсаторы переменной емкости». В большинстве случаев в конденсаторах переменной емкости пластинки сделаны в форме полукругов, соединенных в центре один над другим на некотором расстоянии на одной общей оси. Эти полукруги, поворачиваясь, могут входить в щели, образуемые другими полукругами, закреплен-

ными неподвижно. Тогда чем больше повернуты подвижные полукруги, тем большая часть их поверхности покрыта неподвижными полукругами и тем больше емкость конденсатора. Ниже мы рассмотрим подробно устройство конденсаторов, применяемых в радиотехнике.

Нам остается рассмотреть еще одно основное свойство электрического тока: это способность его образовывать около себя магнитное поле. Магнитным полем называют то пространство, в котором можно обнаружить магнитные явления, напр., отклонение в какую-либо определенную сторону намагниченной стрелки. По нашим воззрениям на природу электрических явлений, под магнитным полем мы будем понимать некоторое пространство, заполненное материей (воздухом, жидкостью или твердым телом), в котором атомические системы молекул, состоящие из положительно заряженных ядер и быстро вращающихся вокруг них электронов, под влиянием внешних причин, расположили свои плоскости вращения электронов в строгом порядке.

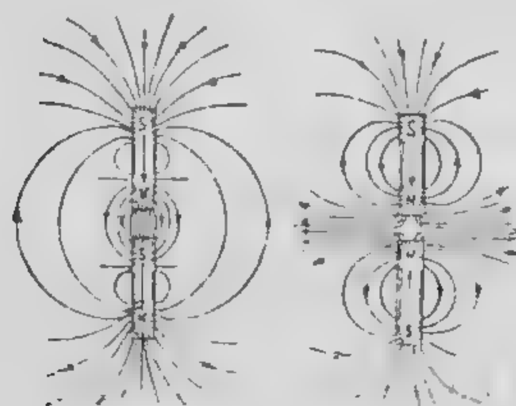


Рис. 3 и 4.

Поясним это следующим образом. Когда в пространстве не обнаруживается магнитного поля, то молекулы располагаются так, что плоскости вращающихся в них электронов располагаются произвольно и внешнее действие нейтрализуется. Как только возникает какая-либо причина для того, чтобы молекулы располагались в определенном порядке, так тотчас же мы обнаруживаем это, говоря, что в данном пространстве получилось магнитное поле.

Магнитное поле имеет свое направление, т.-е. магнитная стрелка, внесенная в такое поле, всегда поворачивается своим северным полюсом в определенную сторону. Это имеет место и на земле в применении к компасу, стрелка которого всегда направляется на северный магнитный полюс земли. Магнитное поле может быть сделано видимым, если положить магнит под лист бумаги и насыпать на него немного железных опилок. Каждая частица железа закрепится в определенном порядке между полюсами магнита, следуя по некоторой кривой линии. Эти линии, как мы знаем, не существуют, а только указывают путь, по которому расположены одинаково ориентированные плоскости атомических систем. Но так как удобно следить за магнитным полем именно по этим линиям, не входя в детали молекулярного процесса,

то принято выражаться, что между полюсами магнита имеются силовые линии магнитного поля (рис. 3 и 4).

Такие же силовые линии возникают и при прохождении тока по проводнику, окружая его замкнутыми кольцами. Направление поля образуемого этими линиями, легко находится следующим образом. Предположим, что проводник расположен вдоль наблюдателя так, что ток входит ему в ноги и выходит из головы. Тогда направление магнитного поля будет против часовой стрелки, т.-е. линии окружают наблюдателя, идя справо налево.

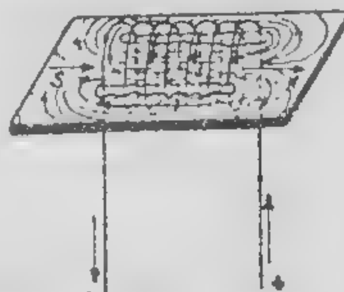


Рис. 5.

Согнем теперь этот проводник в форме петли и рассмотрим, как расположатся около силовые линии. Чтобы представить себе вопрос яснее, предположим, что проводник проходит сквозь лист бумаги, как это показано на рисунке 5. Тогда, та часть проводника, по которой ток идет снизу вверх, будет окружена силовыми линиями, направленными п р о т и в часовой стрелки, а другая часть, по которой ток идет вниз, будет окружэна силовыми линиями, идущими по часовой стрелке. Все эти линии представляют общее магнитное поле, силовые линии которого направлены перпендикулярно плоскости витка и, в данном случае, выходят из плоскости чертежа. Подобное же поле мы имеем у северного полюса постоянного магнита. Следовательно, кольцеобразный проводник, по которому идет ток, оказывается похожим на постоянный магнит.

Чем сильнее ток, идущий по проводнику, тем сильнее около него магнитное поле. Если вместо одного витка мы сделаем их несколько и намотаем их спирально на катушку, то поток магнитных линий будет больше во столько же раз, во сколько раз больше намотано витков (рис. 6).

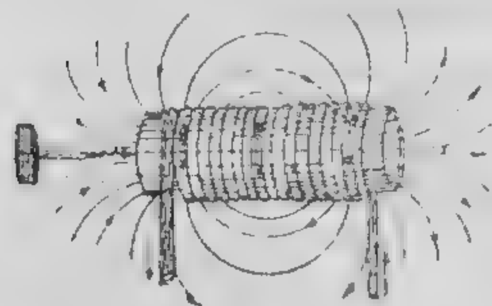


Рис. 6.

Так и устраиваются электро-магниты. Внутрь такой катушки помещается сердечник из мягкого железа и тогда, при наличии тока в катушке, железный сердечник получает магнитные свойства. Электромагниты представляют собою основу почти всех электротехнических аппаратов и входят также в радиотелеграфные приборы.

Между проводниками, по которым идет ток, и постоянными магнитами, проявляются теже свойства притяжения и отталкивания,

как и между обычными магнитами. Подобными же образом ведут себя и проводники, по которым идет ток.

Если перемещать проводник в магнитном поле, так чтобы он пересекал силовые линии, то в нем появляется ток. Направление этого тока в проводнике всегда таково, что образуемое им магнитное поле стремится затормозить движение проводника. Это явление называется электромагнитной индукцией. Электродвижущая сила, наведенная таким путем в проводнике, зависит от плотности магнитного поля и от скорости движения проводника в этом поле. Чем плотнее поток и чем скорее движение, тем больше наведенная электродвижущая сила в проводнике. Появление индуктированного тока в проводнике происходит, вероятно, от столкновения электронов ориентированных систем магнитного поля с атомическими системами, находящимися в проводнике.

Не вдаваясь в детали молекулярного процесса, мы рассмотрим дальше действие магнитного поля на проводники.

Ток, который идет по проводнику, особенно намотанному в форме катушки, образуя магнитное поле, индуктирует некоторую электродвижущую силу уже в самом проводнике, прежде чем успевает пройти до конца катушки. Эта электродвижущая сила называется электродвижущей силой самоиндукции и направлена, напротив основной электродвижущей силы. Электродвижущая сила самоиндукции зависит также от скорости перемещения магнитного поля и от числа витков. Так как перемещение магнитного поля зависит от скорости прохождения тока по катушке и всегда постоянно, то электродвижущая сила самоиндукции зависит, главным образом, от формы витков и от их числа.

Противодействующее направление электродвижущей силы самоиндукции создает впечатление некоторой инерции цепи.

При замыкании цепи мы имеем возростание тока, последовательное образование магнитного поля от нуля до определенной величины, и возникающие магнитные линии пересекают витки проводника, по которым ток еще не прошел, образуя в них электродвижущую силу самоиндукции, которая уменьшает главную электродвижущую силу. При размыкании цепи явление протекает в обратном порядке. Исчезающее магнитное поле, пересекающее витки, в которых тока уже нет, создает дополнительную электродвижущую силу и эта последняя поддерживает некоторое время наличие тока в цепи. Если число витков катушки очень велико, то электродвижущая сила

самоиндукции может оказаться значительно больше первичной электродвижущей силы.

Для того, чтобы учесть влияние самоиндукции цепи, ввводится понятие об измерении «коэффициента самоиндукции». Для измерения коэффициента самоиндукции служит единица, называемая «генри». Мы будем считать, что провод обладает самоиндукцией в один генри, если изменение силы тока на 1 ампер в 1 секунду вызывает появление в нем электродвижущей силы в 1 вольт.

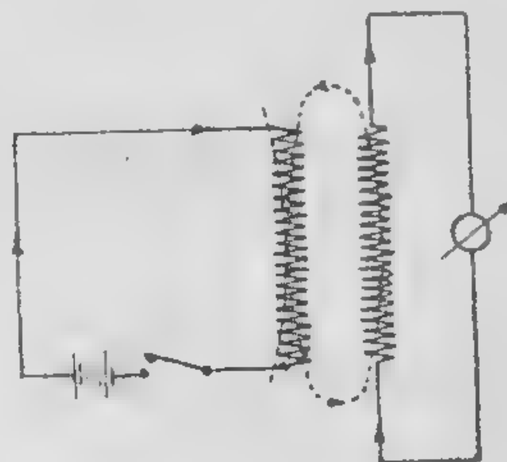


Рис. 7.

Явление электромагнитной индукции имеет место только при переменном режиме электрического тока. Если в цепь элемента включена какая-либо катушка, то ее действие, как указано выше, сказывается только в момент замыкания и размыкания цепи и вообще лишь при изменении магнитного поля. Если на катушку, по которой идет ток и в которой совершаются такие размыкания цепи, надеть другую катушку, то в этой последней изменяющееся магнитное поле также индуктирует электродвижущую силу, которая может создать ток в этой вторичной цепи (рис. 7). Но так как индуктированная электродвижущая сила все время меняет свое направление (в моменты замыканий и размыканий первичной цепи), то и ток во вторичной цепи будет менять свое направление. Если ток меняет свое направление определенное число раз в секунду, то такой ток может быть назван переменным током. Название «переменного тока» оставляется лишь за током, меняющим свое направление строго одно и то же число раз в секунду, причем предполагается, что достигаемые им наибольшие значения также всегда одни и те же. Всякий другой ток, при котором в единицу времени в разных направлениях пробегают неодинаковые количества электричества, называют просто изменяющимся током, а если эти изменения подчинены какому-либо закону, то говорят что «в данной цепи имеют место колебания тока, или просто колебания».

Всякие колебания тока влекут с собой колебания и напряжения, так как эти величины связаны одна с другой и потому можно выразиться и наоборот.

Закон, по которому следуют изменения переменного тока, будь то просто переменный ток или колебания сложного характера,—очень удобно представляется в виде графических диаграмм, совершенно аналогичных графикам, которые применяются напр., для наблюдения за температурой больного в течение некоторого промежутка времени. Такие графики всегда строятся в двух перпендикулярных осях: по вертикальной в определенном масштабе откладывается величина, измеренная в данный момент, а по горизонтальной — время, скажем, от какого-либо определенного момента дня. Ряд измерений, произведенных в последующие часы, дает следующие точки диаграммы, соединив которые непрерывной линией, получим закон, по которому изменялось данное явление, в нашем случае—температура больного.

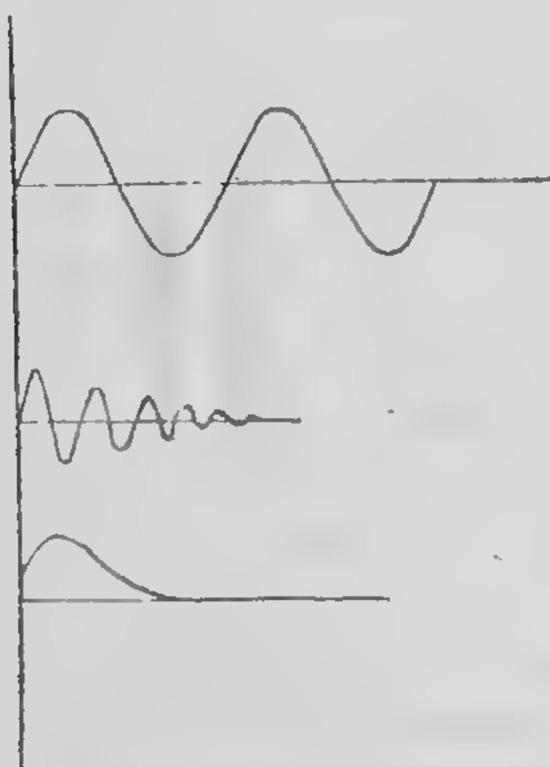


Рис. 8.

Для исследования электрических явлений, в частности переменного тока, следует применять для делений горизонтальной оси времени очень малые доли секунды. Тогда, нанеся диаграмму сил токов в течение одной секунды и считая, что положительное течение тока откладывается вверх от оси времени, а отрицательное вниз, — мы получим закон изменения силы тока в цепи. Этот закон может иметь самый разнообразный характер. Настоящий переменный ток (или так называемое «незатухающее колебание») имеет вид «синусоидальной кривой»; может иметь место изменение тока, при котором сила его после каждой перемены направления уже не достигает того значения, что в предыдущем случае и все время ослабевает—получается график »затухающего колебания». Наконец, может случиться просто некоторое нарастание тока в одном направлении и затем ослабевание его до нуля,—получается «а п е р и о д и ч е с к о е и з м е н е н и е» тока. Все эти изменения тока (или напряжения) возможны в радиотелеграфных контурах (рис. 8).

Явление индукции может совершаться на весьма значительные расстояния и в некоторых специальных случаях может служить для беспроводного телеграфирования. Никогда не следует смешивать эти специальные способы сигнализации без проводов с радиотелегра-

фированием, о котором мы будем говорить в следующих главах. Именно с этой целью, а также чтобы указать на недостатки применения для сигнализации способом простой индукции, опишем «телеграфирование через воздух»—(T.P.A.—Telegraphie par Air), изобретенное M. Perot и примененное французами во время подводной войны для тайного проведения кораблей по ночам.

Суда должны были идти строго в одну линию и в то же время применение обычного радиотелеграфа было невозможно, так как неприятельские подводные лодки могли бы обнаружить своими аппаратами проходящей караван кораблей. Поэтому были применены специальные методы сигнализации без проводов, именно способ электромагнитной индукции.

Головной корабль имеет вертикальную квадратную раму, примерно 6 метров в стороне, которая расположена перпендикулярно оси корабля. Рамка имеет 12 оборотов толстой медной проволоки и в ней циркулирует переменный ток, меняющий свое направление 1.000 раз в секунду.

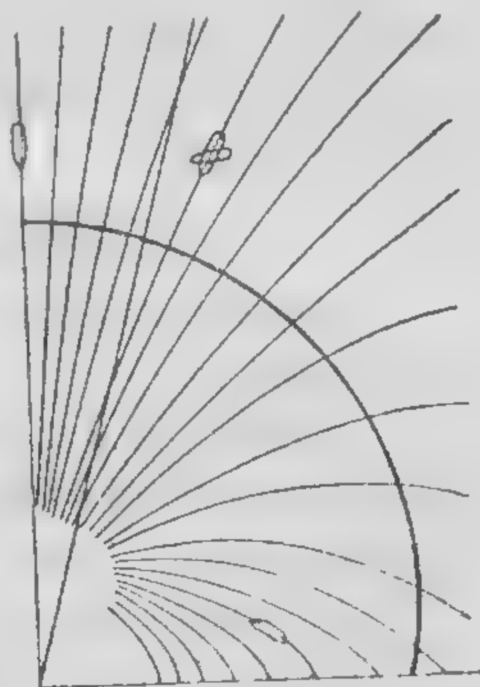


Рис. 9.

Корабли, которые идут за головным, имеют рамки таких же размеров, но обмотаны 60-ью витками тонкой проволоки.

Под влиянием индукции, в приемных рамках развивается ток, указываемый измерительным прибором; в большинстве случаев ток предварительно усиливался особым усилителем (о котором речь будет ниже). Измерительный прибор дает отклонение, и по степени этого отклонения можно судить, правильным-ли курсом идет буксируемое судно. Как видно на рисунке, самая сильная индукция в принимающей рамке будет в том случае, если ось корабля совпадает с направлением силовой линии. Корабль, таким образом, может идти за головным судном, наблюдая, чтобы показания прибора были бы максимальными. Так как электромагнитная индукция распространяется на небольшое расстояние и мало влияет на радиотелеграфные приборы, то появление в пространстве таких магнитных силовых линий не будет замечено радиостанциями, и снабженные такими аппаратами корабли могли проходить вблизи дежурящих неприятельских судов не будучи обнаруженными (рис. 9).

Сигнализация, основанная на простой индукции была первым шагом к достижению возможности беспроводного телеграфирования. Расстояние, на которое возможно подавать сигналы таким способом, очень невелико и потому до открытия электромагнитных волн в пространстве не могло быть и речи о действительно практическом радиотелеграфе и, если указанный выше способ и нашел некоторое применение на практике, то это делается лишь в весьма специальных целях, где экономичность работы не играет существенного значения.

4. Электромагнитные колебания и волны.

Разберем теперь свойства электрических колебаний и электромагнитных волн.

Как указано было выше, электрическими колебаниями в данной цепи может быть названо всякое изменяющееся в ней состояние тока и напряжения. При этом, если эти изменения следуют определенное число раз в секунду, то такие колебания могут быть названы периодическими колебаниями. Ток и напряжение данной цепи могут меняться по направлению 25, 50, 100 или 1000 раз в секунду, или же, можно сказать — что в цепи идет переменный ток с частотой во столько-то периодов в секунду.

Изменения направления тока в данной цепи совершаются, конечно, не мгновенно. Даже если бы мы переключили ток специальным прерывателем, то и то, при выключении ток спадал бы в течение некоторого времени, а при включении также наростал бы, тратя определенный промежуток времени. В цепи-же, в которой переменный ток индуктируется при перемещении катушки в магнитном поле,—ток обычно наростает плавно, достигая определенного максимума, а также плавно убывает до нуля, а затем, если перемещение катушки совершается перед другим полюсом магнита, начинает наростать в другом направлении.

Так и устраиваются машины для получения переменного тока. Под подковообразными электромагнитами, расположенными по окружности, вращается одна или несколько звездообразно расположенных катушек с железными сердечниками. При вращении обмотка такой катушки пересекает силовые линии магнитного поля и в ней возбуждается электродвижущая сила. Направление тока в катушке зависит от того, под каким полюсом в данный момент она проходит. Ток наростает до того момента, как катушка станет непосредственно

под полюсом и спадает по мере того, как она из-под него выходит. Затем снова появляется, но уже в другом направлении, возростая также плавно, по мере того, как катушка подходит под другой полюс электромагнита. Самый электромагнит возбуждается отдельным источником тока (рис. 10).

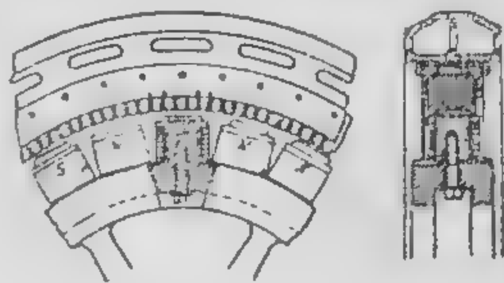


Рис. 10.

Переменный ток, полученный таким или иным путем, обладает весьма ценными практическими преимуществами. Особое свойство его,—это возможность трансформирования.

Как мы упоминали выше, возбуждение индуктированной электродвижущей силы происходит вследствие пересечения магнитными линиями проводников катушки. В классическом опыте Фарадея, катушка перемещалась в постоянном магнитном поле другой катушки, по которой проходит постоянный ток, и благодаря этому в ней возбуждался ток. Предположим, что катушки надеты одна на другую и в одной из них идет переменный ток. Магнитное поле, появляясь и исчезая, будет все время пересекать проводники второй катушки и в ней возбудится индуктированная электродвижущая сила. Эта сила будет пропорциональна числу витков в этой катушке, а так как магнитное поле пропорционально числу витков первичной катушки, то между электродвижущими силами в первичной и во вторичной обмотках будет очень простое соотношение, равное отношению их витков:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = K = \text{коэффициенту трансформации.}$$

Отсюда понятно самое название прибора—«трансформатор». Он перерабатывает, трансформирует, входящий в него ток в ток другого напряжения. Трансформаторы устраиваются на самые различные мощности и коэффициенты трансформации. В радиотелеграфе мы встретимся со всеми его размерами (рис. 11).

Машины переменного тока вышеописанного типа строятся лишь для получения тока сравнительно небольшой частоты, от 25 до нескольких тысяч периодов в секунду. Для получения же колебаний высокой частоты от машин, их устраивают на иных принципах. Но существуют еще колебания весьма высокой частоты, напр. от нескольких сот тысяч до нескольких миллионов периодов в секунду. Такие токи получаются специальными приборами.

Предположим, что имеется некоторая цепь (рис. 12), состоящая из заряженного конденсатора, к одной из пластинок которого с одной стороны присоединена катушка из нескольких оборотов проволоки, а к другой пластинке присоединен просто проводник, конец которого можно поднести близко к свободному концу катушки. Заряженный конденсатор представляет собою прибор, сохраняющий некоторое количество электрической энергии, под видом упругих натяжений в атомических системах его диэлектрика. Если мы близко поднесем свободный конец проводника одной обкладки к другому, то в молекулах воздуха разделяющих два эти конца, имеющие значительную разность потенциалов, произойдут упругие натяжения и так как слой воздуха очень невелик, то он не в состоянии противиться процессу натяжения между частицами, и мы увидим искру, которая показывает, что потенциалы обкладок уравнялись и конденсатор разрядился. Но так как в цепь между обкладками была включена катушка, обладающая некоторой самоиндукцией, то процесс разряда конденсатора принимает следующие сложный характер. В момент разряда к электродвижущей силе, создающей ток в проводнике и в воздухе (в виде искры),—прибавляется еще электродвижущая сила самоиндукции катушки. Если бы цепь не обладала самоиндукцией, то разряд произошел бы без каких-либо осложнений, так как просто уравнялись бы потенциалы обкладок. Но при наличии самоиндукции цепи, в тот момент, когда упругие натяжения в диэлектрике конденсатора прекратились и потенциалы равны, происходит исчезновение магнитного поля, образованного катушкой в первой момент разряда. Это поле стремится поддержать состояние, его вызвавшее, т.-е. состояние разряда конденсатора. Тогда конденсатор заряжается электро- движущей силой самоиндукции и снова способен к разряду, но уже в обратном направлении. Этот разряд и происходит в следующий момент и, благодаря присутствию катушки, конденсатор не удерживается в состоянии нулевых потенциалов на обкладках, а снова перезаряжается и опять способен к разряду.

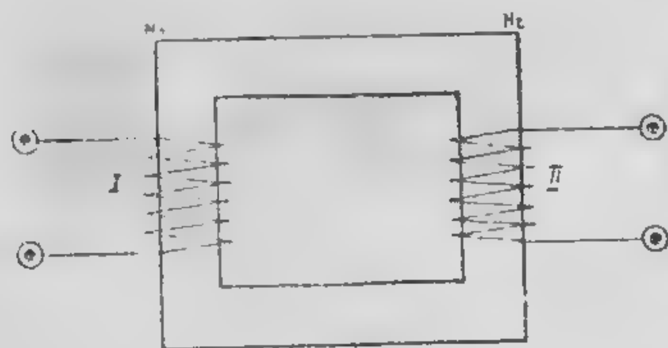
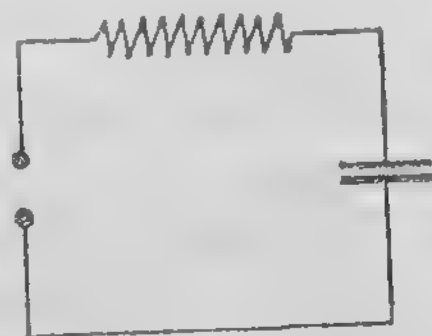


Рис. 11.


Рис. 12.

Так происходит до тех пор, пока вся энергия не будет истрачена на потери, которые уже нельзя восстановить, напр., нагревание проводников, диэлектрика конденсатора и т. д.

Совершенно нет необходимости, чтобы в перерыве цепи конденсатора и катушки самоиндукции проскакивали искры. Мы знаем, что разряд конденсатора есть электронный процесс, переход электронов, который может совершаться в воздухе (искра), или в более разреженном газе (свечение газа в трубке), или-же в форме вольтовой дуги.

Частота разрядов в ту или иную сторону обусловливается исключительно емкостью конденсатора и скоростью, с которой происходит перезаряд, т.-е. электродвижущей силой самоиндукции. Чем меньше эта самоиндукция, тем скорее перезарядится конденсатор, чем меньше он сам, тем скорее он зарядится и разрядится. Поэтому частота, с которой происходят электрические колебания в такой электрической цепи, называемой замкнутым контуром, зависит от емкости и самоиндукции входящих в контур конденсатора и катушки.

Промежуток времени, в течение которого происходит полное колебание, т.-е. возврат к прежнему состоянию, называется п е р и о д о м д а н н о г о к о н т у р а. Период есть та доля секунды, по истечении которой конденсатор оказывается опять заряженным потенциалами тех же знаков, как и до разряда. Частота есть число, показывающее сколько раз в секунду разряд в данном контуре вообще может совершиться. Формула, при помощи которой можно вычислить период, есть $T=2\pi\sqrt{L_H \cdot C_F}$, в ней L выражено в генри и C в фарадах, тогда T будет выражено в секундах.

Контур, в котором нет заряженного конденсатора, может оказаться цепью, имеющей электрические колебания, если в нем индуктировать эти колебания от другого контура, в котором происходит разряд. Переменное магнитное поле катушки контура, в котором происходит разряд, действует на катушки и близ расположенного другого контура. Магнитные силовые линии, пересекая катушку, вызывают в ней возникновение электродвижущей силы, которая заряжает конденсатор. Если теперь второй контур будет представлен самому себе, то конденсатор разрядится через свою катушку и в нем произойдет несколько колебаний с периодом, свойственным данному контуру. Так как энергия, полученная контуром, невелика, то колебания быстро исчезнут. Но если контур все время находится вблизи возбуждающего его контура, то колебания будут в нем продолжаться

долее, за счет все время поступающей энергии. Возбуждающий контур будет индуктировать в нем переменный ток своей частоты, а в контуре будут еще колебания от разряда своего конденсатора с частотой, свойственной периоду данного контура. Особо важный случай представляет собою совпадение по частоте колебаний в возбуждающем контуре и в контуре воспринимающем. Тогда, каждое изменение тока в возбуждающем контуре только увеличивает энергию в воспринимающем контуре и он колеблется с тем же периодом. Энергия из возбуждающего контура переходит в воспринимающий контур не разделяясь и сила тока в нем достигает большого значения.

Электрические цепи, обладающие емкостью и самоиндукцией, способны к колебаниям, только в том случае, когда они не обладают большим сопротивлением. Это сопротивление не должно быть больше определенной величины, определяемой из формулы $R\omega < 2\sqrt{\frac{L_H}{C_F}}$ так как иначе разряд будет *апериодический*. Графически это изображено на рис. 8.

Период колебаний данной цепи, зависящий исключительно от ее самоиндукции и емкости, называется *собственным периодом цепи*. При совпадении периодов колебаний двух, действующих на себя индуктивно, цепей, в воспринимающей цепи резко возростает сила тока и напряжения.

Это увеличение тока и напряжения в одной из цепей при совпадении их периодов колебаний называется резонансом.

Приведение контуров к резонансу, путем изменения емкости или самоиндукции входящих в них элементов, называется *настройкой данных контуров*. Поэтому говорят, что два данные контура настроены или не настроены в резонанс, если их собственные периоды колебаний совпадают или не совпадают.

Каким бы путем ни достигло переменное магнитное поле катушки контура, период которого соответствует частоте, с которой меняется магнитное поле,—тотчас-же в этом контуре возникает переменный ток, довольно значительной силы, во всяком случае гораздо больший того, который получается в нем, если он не настроен на нужную частоту. Таким путем, если в пространстве имеется несколько переменных магнитных полей, в которых находятся катушки контуров, то при помощи настройки можно в любом контуре получить переменный ток одной из частот, соответствующей любой из частот переменных полей.

Эта восприимчивость контуров к магнитным полям одной лишь частоты называется их «избирательностью» или «селективностью» и особенно сильно сказывается при высокой частоте.

Колебания, полученные при помощи разряда конденсатора, имеют ослабевающий характер, так как, как уже сказано выше, энергия тратится на необратимые потери.

Такие колебания называются затухающими и они характеризуются тем, что они суть единственные возможные свободные колебания, т.-е. такие, в которых определенное количество энергии расходуется самим контуром и дальнейшего поступления энергии нет.

Наоборот, существуют колебания, которые неослабевают совершенно, конечно за счет притока энергии от особого источника. Такие колебания называются незатухающими и являются колебаниями вынужденными, т.-е. навязанными посторонним источником. И те, и другие лежат в основе работы радиотелеграфа.

Выше, когда мы объясняли действие конденсатора, мы указали, что конденсатором могут служить два всяких изолированных проводника, и даже один проводник, подвешенный над землей, обладает определенной емкостью. Укажем теперь также, что все проводники, даже совершенно прямолинейные, обладают некоторым коэффициентом самоиндукции. Поэтому, если подвесить проводник горизонтально над землей и соединить его с землей вертикальным проводником, то такая система окажется обладающей некоторой емкостью—проводник-земля, и некоторым коэффициентом самоиндукции. Иначе говоря, это будет контур, способный к колебаниям. Включим в вертикальный провод катушку с несколькими оборотами проводника. Общий коэффициент самоиндукции увеличится и, следовательно, период колебаний, свойственный системе, также увеличится. Возбудим эту систему, поднеся к катушке контур, настроенный на тот же период колебаний, с которым происходит разряд. (рис. 13). Наша система также возбудится и в ней пойдет переменный ток. Обратим внимание на отличие нашей системы от простого замкнутого контура. Обкладки нашего конденсатора очень далеко разнесены. Слой диэлектрика очень велик и потому упругия натяжения в атомических системах и смещения плоскостей вращения их электронов могут не ограничиться пространством, заключенным между проводником и землей. С другой стороны в каждый момент ток, бегущий вверх или

вниз по проводу, образует магнитное поле, окружающее его и состоящее в ориентации плоскостей вращения электронов по некоторой круговой линии. В тех же точках, в которых проходит магнитная линия, мы имеем и упругие натяжения, характеризующие чисто электрическое поле, как в диэлектрике конденсатора. Таким образом, в пространстве, окружающем нашу систему, мы во всякий момент имеем наличие как магнитного, так и электрического поля. Это пространство называется электромагнитным полем данной системы.

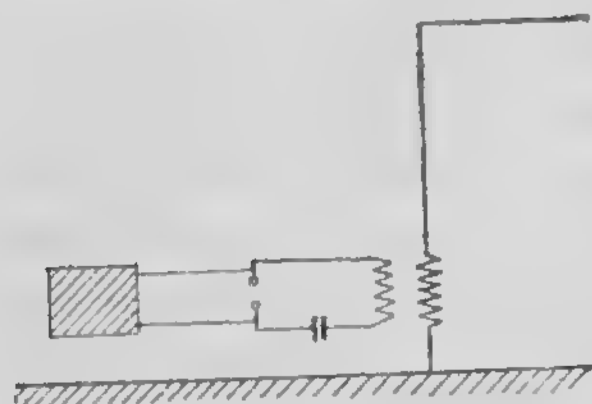


Рис. 13.

Главное свойство электромагнитного поля эта то, что электрическое и магнитное поля, как полученные от одного источника всегда неразрывно связаны вместе. Кроме того, оно неспособно быть в состоянии покоя. Иначе говоря, электромагнитное поле может быть только переменным, сохраняя свойства, присущие каждому из полей индивидуально, т.-е. возбуждать в проводниках, помещенных в этом поле ток. Ток, который вызывает заряд и разряд подвешенного над землей проводника, меняется несколько сот тысяч раз в секунду. Сообразно с этим, столь же часто меняется и направление электромагнитного поля. Вследствие этого атомические системы пространства, заключенного под проводником, приходят в столь же быстрое колебательное движение и создают в системах окружающего диэлектрика быстрые изменения, которые распространяются беспредельно во все стороны со скоростью света. Эти изменения могут быть обнаружены вдали от колебательной системы, по присутствию переменного электромагнитного поля. А это последнее,—при помощи любого контура, настроенного на частоту этого поля. При прохождении волны в этом контуре появится ток той частоты, на ко-

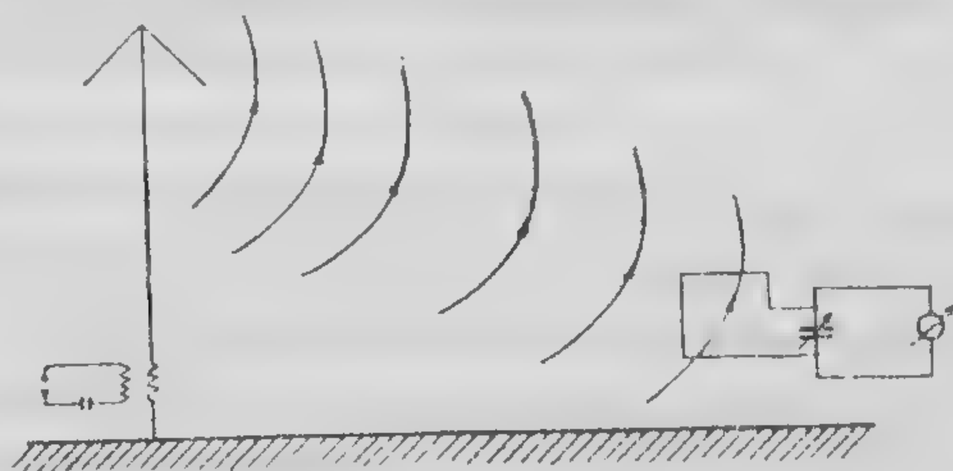


Рис. 14.

торую настроен контур, период которого должен соответствовать частоте электромагнитного поля. Для того, чтобы получить переменный ток от проходящей волны, проводник подымается над землей и вся система настраивается при помощи катушек и конденсаторов на определенную частоту. В приемной цепи используется явление резонанса. Можно также устроить некоторую катушку довольно больших размеров (в форме шестиугольной рамки, от 1 до 3 метров в диагонали); при помощи конденсатора настраивают на необходимую частоту и поворачивают ее так, чтобы магнитные линии пересекали ее полностью. Это будет как раз тогда, когда плоскость витков катушки будет направлена на пункт, из которого исходят волны. Таким образом пользование такой катушкой дает возможность определить, откуда идут волны (рис. 14).

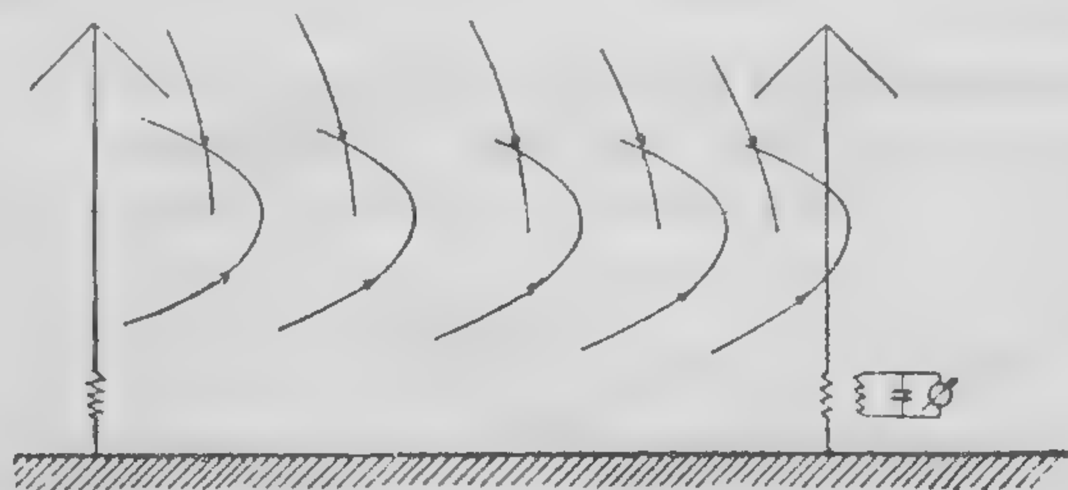


Рис. 15.

Для пользования электрическим и магнитным полем волны, устраивают также, как и в контуре, излучающем волны, проводник, поднятый над землей, который настраивается на данную частоту включением соответственной катушки. Электрическое и магнитное поля действуют на подобную систему, возбуждают в ней ток соответственной частоты.

Такая система с раздвинутыми обкладками емкостной части называется о т к р ы т ы м к о н т у р о м и наиболее способна к излучению и улавливанию электромагнитных волн. Но при приеме волн эта система не дает возможности узнать, откуда приходят волны, так как она излучает и принимает со всех сторон одинаково (рис. 15).

Как было упомянуто выше, колебательный контур может состоять просто из двух прямолинейных проводников. Такой контур будет называться о т к р ы т ы м и так как в нем нет катушек или специальных конденсаторов, то можно допустить, что самоиндукция

и ёмкость распределены в нём равномерно. Предположим, что наш открытый контур состоит из двух совершенно одинаковых по длине проводников, расположенных симметрично по прямой линии. Специальная форма такого контура называется **симметричным вибратором** или **диполем**. Изучение электромагнитного поля симметричного диполя является чрезвычайно важным, так как диполь составляет прототип радиотелеграфных излучающих систем (рис. 16).



Рис. 16.

При наличии искрового разряда между двумя такими проводниками открытый контур приходит в колебательное состояние, и в диэлектрике его окружающем появляется переменное электромагнитное поле. Искровой разряд, как уже говорилось выше, имеет переменный характер, т.-е. переход электронов совершается с одного проводника на другой поочередно. Ясно, что в середине, где проходит все количество электронов в единицу времени, будет самый сильный ток. Если же мы вставим измерительный прибор в конце проводника, то через сечение проводника в этом месте должны будут пройти электроны, количество которых соответствует лишь той части проводника, которая находится выше измерительного прибора и сила тока будет в этом месте меньше. Наконец, в самом конце сила тока будет равна нулю (рис. 16).

Разность потенциалов будет расположена в открытом контуре также неравномерно. В середине она будет равна нулю и по концам проводников наибольшая. Подобное неравномерное распределение тока и потенциала в открытом вибраторе является характерным для всех систем, излучающих электромагнитные волны, и получается вследствие образования стоячих волн.

Напомним некоторые свойства колеблющейся струны. Если по натянутой струне вести смычком, то она приходит в колебание. Смычек оттягивает на некоторое расстояние небольшой участок струны, этот последний увлекает частицы струны, непосредственно к нему прилегающие; то же происходит со следующими частицами и так по всей струне пробегает вибрация. Доходя до концов закрепления



Рис. 17.

вибрация отразится и пойдет к середине, навстречу новой вибрации, произведенной смычком. В зависимости от того, как скоро образуется новая вибрация и оттого, как скоро вернется отраженная, может случиться, что некоторые частицы получат одновременно перемещения в двух противоположных направлениях и останутся в покое. Другие части струны получат перемещения в одном направлении и получат усиленное отклонение. Эти перемещения будут разделять струну на колеблющиеся и неколеблющиеся части локализованные строго в определенных местах. Части струны, имеющие большие отклонения, называются пучностями, а находящиеся в покое—узлами. Образование пучностей и узлов имеет название появления стоячей волны (рис. 17).


Рис. 18.

Тоже происходит и в открытом вибраторе. Движение элкктронов от середины к концам сопровождается затем обратным движением отражения от концов и это последнее, комбинируясь с первоначальным движением, дает состояние тока в системе, аналогичное пучности колебания струны. Подобным же образом комбинируется разность потенциалов, создавая пучность потенциала у концов вибратора и узел в середине.

Так как узел потенциала находится в середине вибратора, и это означает, что во всякий момент в этом месте потенциал равен нулю, то середину вибратора можно соединить с землей, и в распределении энергии по вибратору ничего не произойдет. Из вибратора в землю будет идти сильный ток; прибор (амперметр) включенный здесь даст наибольшее показание, а пучность потенциала окажется по-прежнему в верхней части вибратора. Действие такого вибратора на внешнее пространство не будет отличаться от действия двухстороннего вибратора (рис. 18).

Остается выяснить взаимоотношение между частью стоячей волны, располагающейся на вибраторе, и волной распространяющейся в пространстве.

Как мы говорили, стоячая волна появляется на вибраторе вследствие того, что энергия, идущая к концам вибратора, от них отражается и встречаясь с энергией, идущея ей навстречу, локализует определенные состояние потенциала в проводе. Проследим образование электромагнитного поля в пространстве, окружающем вибратор.

Колебательный процесс вибратора подразделяется на следующие моменты: 1) заряд вибратора (движение к концам); 2) разряд вибратора (движение от концов); 3) перезаряд вибратора вследствие его самоиндукции (движение к концам, но обратных зарядов); 4) разряд вибратора (движение от концов) и далее следует перезаряд вибратора потенциалами тех же знаков, что и в первом случае.

Каждая из стадий движения электронов по вибратору вызывает образование магнитного поля около него.

Магнитные силовые линии распространяются с тою же скоростью, с какой совершается движение электрической энергии по проводнику. Поэтому, в то время как совершится первая стадия движения электронов по вибратору, магнитная линия удалится от вибратора, как раз

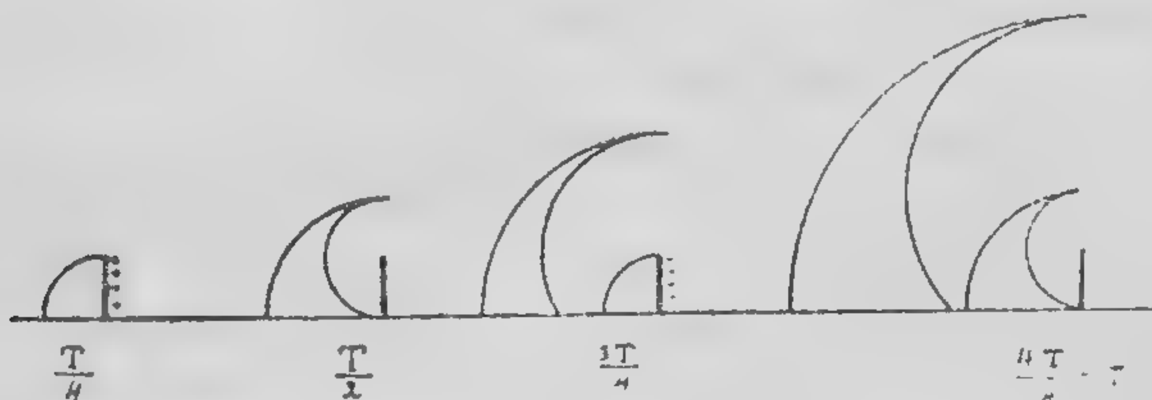


Рис. 19.

на длину его одной ветви. При движении электронов вниз (к середине) магнитная линия удалится еще на одну длину ветви вибратора, но ей вслед отправляется магнитная линия обратного направления поля, которая в конце второй стадии процесса будет отстоять на расстоянии равном одной длине ветви вибратора. Затем начинается движение перезаряда вибратора. Первая линия удалится на тройное расстояние, вторая—на двойное и появится третья, отстоящая на одну длину ветви вибратора. Наконец, под конец процесса, первая магнитная линия будет находиться на расстоянии четырех длин ветви вибратора, вторая на расстоянии трех, третья на расстоянии двух и четвертая на расстоянии одной. Затем процесс продолжается снова, а группа четырех магнитных линий различного направления беспредельно удаляется в пространство, оставляя за собой все новые и новые магнитные линии, появившиеся вследствие движения электронов по вибратору (рис. 19).

Группа электромагнитных полей, связанных одним полным процессом в вибраторе, называется электромагнитной вол-

н о й и расстояние между полями, получившими свое происхождение от одних и тех же стадий двух смежных процессов в вибраторе, равняется учетверенной длине ветви вибратора.

На практике говорят, что на заземленном вибраторе располагается четверть волны. Так как образование волны в пространстве связано с полным колебательным процессом в вибраторе, а этот процесс совершается в течение промежутка времени T (одного периода), то длина волны выражается зависимостью $\lambda = v \,.\, T$, где v—скорость распространения электромагнитной энергии в пространстве и в проводах, равная $3 \,.\, 10^{10}$ см. в секунду. Эти электромагнитные волны и служат для сигнализации без проводов на далекие расстояния. Формула длины волны, полученной от колебания с периодом T примет, таким образом, вид λ см. $= 3 \,.\, 10^{10} \,.\, 2\pi \sqrt{L_H \,.\, C_F}$. При помощи этой формулы можно решить несколько важных задач по определению элементов колебательного контура.

Для примера вычислим длину волны контура, имеющего $L = 37{,}5\ \mu H$ и $C = {}^{3}/_{10000}\ \mu F$; подставляя в формулу, имеем λ см. $= 3 \,.\, 10^{10} \,.\, 2\pi \sqrt{37{,}5 \,.\, 10^{-6} \,.\, 3 \,.\, 10^{-10}} = 3 \,.\, 6{,}28 \,.\, 10^{10} \,.\, 10^{-8} \,.\, \sqrt{112{,}5} = 3 \,.\, 6{,}28 \,.\, 10{,}6 \,.\, 100 = 200$ метров.

Какую самоиндукцию надо включить с конденсатором, емкость которого равна ${}^{3}/_{10000}\ \mu F$, чтобы получить волну 2.330 метров. Подставляем в формулу $\lambda = 3 : 10^{8} \,.\, 2\pi \sqrt{L_H \,.\, C_F}$ известные нам величины и имеем: $2.330 = 3 \,.\, 10^{8} \,.\, 6{,}28 \,.\, \sqrt{L_H \,.\, 3 \,.\, 10^{-3} \,.\, 10^{-6}}$. Возвышая обе части равенства в квадрат получим: $(2.330)^2 = 9 \,.\, 10^{16} \,.\, 39{,}4 \,.\, L_H \,.\, 3 \,.\, 10^{-9}$. Откуда $L_H = \frac{(2.330)^2}{9 \,.\, 10^{16} \,.\, 39{,}4 \,.\, 3 \,.\, 10^{-9}} = 512 \,.\, 10^{-6} H = 512 \mu H$.

Точно таким же путем вычисляется емкость конденсатора, когда известна длина волны и самоиндукция контура.

Эти вычисления хотя и очень просты, все же несколько долги, так как приходится оперировать с неудобными числами. Поэтому мы приводим общеизвестный «абак», заменяющий все эти вычисления. Абак представляет собою особое графическое приспособление для нахождения некоторых величин по определенным формулам. На левом масштабе в виде отрезков линии нанесены самоиндукции контура, на правом—емкости и по средине—соответствующая им длина волны. Для нахождения, например, емкости контура при известной длине волны и самоиндукции, накладывают линейку на абак

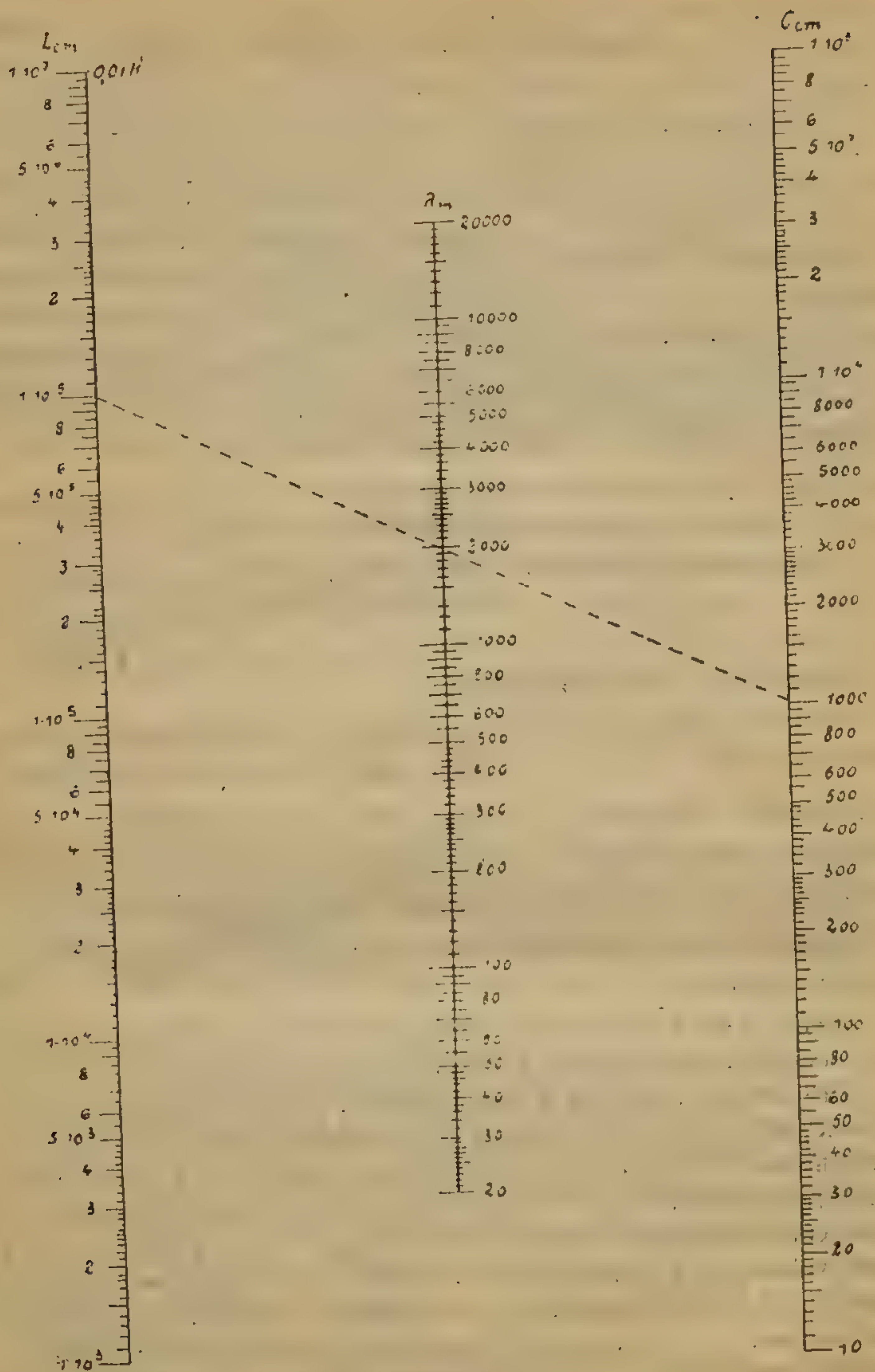


Рис. 20.

так, чтобы она прошла через заданную величину самоиндукции и длину волны. Точка, в которой она пересечет правый масштаб, укажет емкость, соответствующую данной длине волны, вычисленную ранее по формуле, с которой мы работали выше. Совершенно также, накладывая линейку на данные значения емкости и самоиндукции, найдем ао среднему масштабу длину волны. Пользование этим абаком очень просто и избавляет от вычислений при расчете контура (рис. 20).

5. Сигнализация при помощи электромагнитных волн. Изобретение и развитие радио.

Электрические колебания и их распространение в пространстве, были достаточно хорошо изучены, начиная с открытия Герца до того момента, как явилась мысль использовать их для сигнализации.

Первоначально исследования велись лишь с чисто научной целью, на электромагнитные волны смотрели как на интересный опыт и потому, как способы получения, так и методы регистрации их не отличались особой практичностью.

Так, для получения этих волн употреблялся двухсторонний симметричный вибратор, возбуждаемый искрой от катушки Румкорфа непосредственно, а для обнаружения их применялся замкнутый настроенный контур, в котором имелся маленький разрыв; при появлении волны в пространстве окружающем этот контур, в разрыве контура проскакивала искра. В 1890 г. Бранли заметил, что сопротивление металлических опилок, насыпанных в стеклянную трубку, резко меняется под действием электромагнитных волн. Бранли назвал свой прибор «радиокондуктор».

Этот прибор состоял из стеклянной трубки, с двух концов закрытой металлическими втулками, между которыми были насыпаны железные опилки. Под влиянием разряда конденсатора, произведенного на некотором расстоянии от радиокондуктора, включенного в цепь электрического звонка, опилки становились проводимыми и звонок звонил. Действие электромагнитных волн было особенно сильно, если один из полюсов радиокондуктора заземлялся, а также заземлялся один из полюсов вторичной обмотки катушки. «Радиокондуктор» Бранли обратил внимание ученых на возможность сигнализации электромагнитными волнами и в течение десяти лет, последовавших за его изобретением, почти все аппараты радиосигнализации имели в приемной части именно трубку с железными опилками.

Первое практическое применение в этом роде было сделано русским ученым А. С. Поповым, который в 1895 году устроил аппарат для регистрации гроз. Аппарат Попова состоял из «радиокондуктора» Бранли, включенного в цепь электрического звонка. Один из полюсов радиокондуктора был соединен с проводником, высоко поднятым на мачтах над землей, другой-же наоборот, соединялся с землей. Грозовой разряд, хотя бы и незамечаемый вследствие своей отдаленности, отмечался проводимостью опилок радиокондуктора и звонок звонил. Попов высказывал мысль, что подобным прибором можно сигнализировать на большие расстояния без проводов, при помощи сильных разрядов катушки Румкорфа.

Эта идея была практически осуществлена итальянцем Гульельмо Маркони. По совету своего учителя, профессора Болонского университета Риги, Маркони занялся разработкой вопроса о беспроводной сигнализации и по своим достижениям все время был впереди других ученых, занявшихся также этим вопросом.

В 1897 г. Маркони мог сигнализировать на расстояние 22-х километров, в 1899 г. он уже работал между Wimereux и Douvres (50 километров) и в отдельных случаях—между сушей и кораблями на расстоянии свыше 120 километров. В 1900 г. он построил первую мощную радиостанцию в Польдью, при помощи которой он покрывает все рекорды дальности и уже в 1901 году передает радиограмму через океан на расстоянии свыше 3.200 километров (1.800 морских миль).

Дальнейшие рекорды дальнодействия Маркони были всегда выше рекордов радиотелеграфных компаний всего мира, пока дальность передачи не перестала быть чем то необычайным для радиотелеграфных сношений. После этого, развитие радиотехники пошло более равномерно во всех странах, и особым побудительным толчком для этого послужила война 1914—1919 года. Затем, столь же широкое развитие получила и радиотелефония, в настоящее время прочно вошедшая в повседневную жизнь.

6. Основные части радиотелеграфной станции.

Всякая радиотелеграфная станция снабжается аппаратами для приема и для передачи электромагнитных волн. Эти аппараты могут находиться в одном и том же помещении и тогда ими пользуются попеременно, т.-е. сначала передают, а затем принимают. Устройство приборов, дающих возможность принимать во время передачи, так называемая работа «дуплекс», при помещении аппаратов

в непосредственной близости,—очень затруднительно, хотя в настоящее время уже есть подобные установки. Примером может служить радиотелефонная установка на американском корабле «Америка». Обычно же приемная часть устраивается в значительном отдалении от передающей, (приблизительно на расстоянии 30—40 верст,) а управление ключами передающей станции и прием на ленту пишущих аппаратов совершается в особом «радиотелеграфном центре» по проводам, соединяющим станцию с местом управления. Менее значительные установки довольствуются работой попеременно передающими и принимающими аппаратами. Разберем сначала главные части радиостанций.

7. Воздушная сеть. (Антенна).

Как было выяснено вначале, излучение электромагнитных волн возможно главным образом от систем открытого контура, т.-е. таких, в которых емкость колебательной системы представлена в виде проводников, высоко поднятых над землей или над другими подобными-же проводниками.

Такая система проводников называется «антенной» или «воздушной сетью» и является совершенно необходимой частью передающей радиостанции. Чем выше поднята антенна, тем лучше ее действие, хотя; конечно, до определенных пределов. Поэтому радиостанции прежде всего снабжаются несколькими мачтами, на которых и подвешивается отлично изолированная антенна. Форма антенн довольно разнообразна и зависит, главным образом, от числа мачт, которые имеется возможность поставить. Конечно правительственные радиостанции, устройство которых менее зависит от экономических причин, сооружаются по заранее намеченному плану, имеющему в своей основе, кроме экономических, и иные соображения. Но вопрос о механизме излучения антенн в настоящее время настолько невыяснен, что при проектировании радиосетей экономические соображения играют первую роль и принимается во внимание лишь «действующая высота» антенны, т.-е. некоторая величина, зависящая от геометрической высоты ее. Высота антенн, а также число и расположение проводников вычисляется в зависимости от мощности станции. Так, корабельные радиостанции имеют антенны, поднятые на высоту 20—25 метров, состоящую из четырех—шести горизонтально натянутых проводников. От этих проводников, из середины или от одного из концов, спускаются проводники, которые представляют собою вер-

тикальную часть вибратора, и концы этих проводников вводятся в помещение, в котором находятся передающие и приемные приборы. При помощи большого переключателя, конец антенны пересоединяется с передающего прибора на принимающий, так что одна и та же антенна служит поочередно для обеих целей. Раньше мощные станции имели отдельную антенну для приема. Современные большие установки устраиваются всегда с выделенной приемной частью, причем прием совершается на рамку. Малые же станции, особенно корабельные, принимают и передают на одну и ту же антенну. Антеннам приданы особые названия, в зависимости от их формы и числа мачт. Так на одной мачте можно навесить антенну в виде зонтика—это будет зонтичная антенна. Простой вертикальный провод, поднятый на вершину мачты, называется «простой антенной». На двух мачтах можно повесить антенну в виде буквы Т(с вводом посредине)—Т-образная антенна, или с вводом у конца—Ге-образная антенна. На трех и большем числе мачт можно повесить антенну любой формы, и такие антенны называются сложными.

Антенна, введенная в помещение, соединяется при помощи переключателя «передача-прием», на катушку самоиндукции, которая также является непременной частью колебательного контура. так как почти невозможно обойтись одной лишь самоиндукцией антенны. Катушка самоиндукции соединяется с землей и образуется колебательный контур: емкость антенна-земля и включенная самоиндукция. Как мы пояснили выше, изменяя коэффицент самоиндукции контура или его емкость, можно менять длину волны, которую он способен излучить. В передающих антеннах менять емкость затруднительно и невыгодно, с чисто теоретической точки зрения. Поэтому передающие аппараты имеют для изменения длины излучаемой волны только катушки самоиндукции, разделенные на участки, которые и включаются в антенну. Приемные аппараты, наоборот, снабжаются также и переменными конденсаторами, главным образом потому, что напряжения, развивающиеся в приемных антеннах, ничтожны и такие конденсаторы, сравнительно, нетрудно устроить. Для замкнутых цепей передатчиков нужны также конденсаторы и фабрикация их представляет собою одну из важных практических задач радиотехники.

В открытом контуре антенны возбуждаются колебания при помощи особых способов, из которых нами описан самый простой и исторически самый первый—это искровой разряд в замкнутом контуре, связанном с открытым. Можно просто сделать разрыв цепи между землей и антенной и возбуждать эту цепь непосредственно

искрой из катушки Румкорфа. Как мы знаем, получатся сильно затухающие колебания и в настоящее время, такой способ возбуждения электромагнитных волн уже оставлен; современная же радиотехника пользуется почти исключительно незатухающими колебаниями.

8. Передача и прием по радио.

Независимо от системы приборов радиостанции передача и прием совершаются следующим образом.

Передатчик приводится в действие, т.-е. машины пускаются в ход и все приборы приводятся в такое положение, что замыкание одной только цепи, сейчас же вызывает образование электрических колебаний высокой частоты и излучение электромагнитных волн. Обычно станции устраиваются так, что они в момент неизлучения не только не излучают, но и не вырабатывают колебаний высокой частоты. Это делается для того, чтобы не мешать приему во время перерывов передачи, что очень важно, например, в корабельной обстановке.

Всем, конечно, известен телеграфный ключ для подачи знаков Морзе по проволоке. Именно такой ключ и применяется на радиостанциях. Если ключ будет управлять только переходом энергии в антенну, то местное влияние будет настолько сильно, что принимать во время хода машин будет невозможно. Поэтому на небольших радиостанциях всегда появление электрических колебаний совершается лишь при нажиме ключа. В мощных станциях это оказывается невозможно, так как первичные двигатели не могут ровно работать при таких срывах нагрузки, и применяются особые ключи, меняющие длину волны излучения.

Сигналы, в виде знаков Морзе, подаются долгими и короткими излучениями обычно со скоростью от 100 до 120 букв в минуту. На больших станциях применяется автоматическая передача, особыми аппаратами, заменяющими ключ Морзе и работающими очень быстро (до 400—1.000 букв в минуту), при помощи заранее заготовленной ленты, на которой выбита особыми дырочками телеграмма.

Электромагнитные волны достигают приемной антенны и возбуждают в ней слабые переменные токи высокой частоты. Явления в приемной антенне те-же, что и в передающей, но только отличаются своей чрезвычайной слабостью. В то время, как прикосновение к антене, даже маломощной станции, вызывает сильнейшее потря-

сение организма или даже смерть, мы можем спокойно трогать приемную антенну и при этом не ощутим абсолютно ничего, если конечно, такая антенна не находится в непосредственной близости (200—500 метров) от передающей станции. В приемной антенне так же образуется стоячая волна и она сама также излучает в пространство некоторое количество энергии, что для нас совсем невыгодно. Поэтому, приемные антенны стремятся делать весьма слабо излучающими.

Настройка приемной антенны совершается при помощи катушек самоиндукции и конденсаторов переменной емкости. Затем, токи высокой частоты, получившиеся в антенне надо суметь обнаружить. При прежних искровых станциях, при которых излучение электромагнитной энергии происходило группами на каждую искру,—можно было обнаружить появление токов в антенне при помощи особого приборчика «детектора» и телефона.

В телефоне появляется звук ударов искр, так как каждая искра представляла собою группу электромагнитных колебаний и эти группы воспринимались приемной станцией последовательно одна за другой. При незатухающих колебаниях, звук создают искусственно на приемной станции, но прием опять таки совершается, главным образом, на слух. Наконец, большия радиостанции имеющие задание принимать только определенные станции, снабжаются особыми усилителями, которые дают возможность принимать сигналы на пишущий аппарат типа Морзе или Уитстона.

Усилители применяются и на малых радиостанциях для приема на слух отдаленных установок.

Часть II.

ПРАКТИКА РАДИОТЕЛЕГРАФА.

УСТРОЙСТВО ПРИЕМНЫХ РАДИОСТАНЦИЙ.

9. Детектор и его назначение.

Переменные токи, развивающиеся в антенне при прохождении электромагнитной волны, оказываются столь высокой частоты, что если бы включить в антенну телефон, то он не смог-бы реагировать вследствие того, что его мембрана слишком мало подвижна. Кроме того, ухо слышит только звуки с частотой не выше 10.000 периодов в секунду, а колебания, которые мембрана должна была бы совершать под влиянием антенных токов, были бы несколько сот тысяч раз в секунду и, следовательно, были бы неслышны.

В зависимости от характера электромагнитных излучений применяются те или иные методы обнаружения их «на слух», т.-е. на звук, появляющийся в телефоне. Применение телефона в качестве регистрирующего прибора дало возможность удовлетвориться очень малой энергией в приемной антенне и сразу сильно повысило дальнодействие радиостанций, но потребовало особого приспособления для переработки антенных токов в такие, на которые телефон мог бы отзываться. Таким прибором является «детектор». Рассмотрим подробнее действие переменных токов высокой частоты на телефон и тогда нам станет понятным роль и необходимость детектора.

Ток, протекая по обмотке катушек телефона, вызывает ослабление или усиление магнитного поля, действующего на мембрану. Под влиянием этого изменения поля, мембрана выгибается внутрь или наружу и, если эти изменения следуют неособенно быстро, то мембрана совершает колебания—вибрирует—и получается звук. Допустим теперь, что изменение поля следует столь быстро, что мембрана не успеет еще прогнуться внутрь, как уже появляется ток

такой же силы, как предыдущий, и заставляет ее выгнуться наружу настолько же, насколько она могла бы прогнуться под действием первого тока. Общий эффект на мембрану будет такой, что она останется в покое.

Предположим, теперь, что в цепи переменного тока, питающего телефон, включен прибор, пропускающий ток только в одном направлении. Тогда действие токов, которые вызывали бы, например, обратный выгиб мембраны, уже не сможет совершиться, так как во втором предположенном нами случае ток не сможет пройти. Следующий ток опять будет стремиться притянуть мембрану и вообще через телефон пройдет группа токов, которые будут иметь однообразное действие на его магнитное поле. Тогда, под влиянием этой группы токов мембрана притянется и останется в этом положении пока идет переменный ток. Такой прибор, пропускающий ток только в одном направлении, называется выпрямителем, а для радиотелеграфной цели применяются некоторые выпрямители особого типа и они называются детекторами, т.-е. обнаруживателями присутствия радиотелеграфных волн.

Если электромагнитные волны, а с ними и переменные токи, бегущие через телефон, следуют определенным числом групп в секунду, то каждая такая группа вызовет притяжение мембраны телефона и послышится звук. Как мы знаем, такие группы волн получаются от каждого разряда конденсатора искровой станции. Следовательно, на приемной станции мы услышим звук в точности соответствующий числу разрядов на передающей станции. По этому звуку очень легко определить, какой системы радиостанция передает, так как все изменения в тоне искрового разряда воспроизводятся в приемном телефоне в точности, и вполне понятно почему. Ведь всякое колебание имеющее возможность произвести звук, именно та самая искра на передающей станции, которую мы слышим стоя вблизи радиостанции, потому только и производит звук определенного тембра, что в некоторые доли секунды с большей или меньшей силой колеблет окружающий ее воздух. Одновременно с этим та же искра создает электромагнитные волны большей или меньшей мощности, а эти последние создают токи, вполне пропорциональные мощностям затраченной на их образование энергии и, следовательно, в телефоне появятся звуки, совершенно того-же характера, но конечно гораздо более слабые.

Искровые станции еще и сейчас играют большую роль в морском радиотелеграфе. Поэтому очень интересно знать, с какой звуковой

частотой совершается передача в данной системе. Низкий трещащий тон (50 периодов) принадлежит станциям, специально предназначенным для связи на весьма малые расстояния. Низкий музыкальный тон принадлежит системе Русского Общества Б. Т. и Т. Музыкальный в 500 и 1.000 периодов—системе Телефункен и военному радиотелеграфу (полевые радиостанции). Другие станции также имеют более или менее музыкальный тон (красивый тон у Парижа FL). Музыкальный тон в 300—200 периодов характерен для системы Маркони.

Следует отметить, что работа музыкальной искрой была принята вообще многими компаниями и потому эти отличительные признаки сейчас далеко не так резки, как например в период войны 1914—19 гг., вплоть до усиленного применения незатухающих колебаний, о которых будет речь ниже.

Детектор в приеме радиотелеграфных волн, следовательно, является «глазом», видящим эти волны и играет кардинально важную роль. С изобретением катодных лмап значение детектора несколько умалилось, но в некоторых своих формах он сохранил свой вид, и вероятно, просуществует довольно долго.

Практически детектор представляет собою неплотный контакт двух минералов или же минерала с металлической пластинкой или острием. Минералы заливаются в металлической чашечке сплавом Вуда *), чтобы не подвергать их действию сильного жара, если-бы, например, заплавлять в олове или свинце. Одна из чашечек укрепляется над другой на подвижной металлической пластинке так, чтобы можно было получить контакт в любой точке кристалла, что очень важно, так как далеко не все части минерала одинаково чувствительны. В настоящее время наиболее употребительны следующие детектора:

1) Галеновый детектор. Состоит из кристалла сернистого свинца (может быть изготовлен искусственно), на который опирается острие легкой нейзильберовой пружинки. Один из наиболее дешевых и самых чувствительных детекторов (рис. 21).

---

*) Сплав Вуда состоит из 2-х частей по весу свинца, 1 части олова, 4 частей висмута и 1 части кадмия. Плавится при 65°C. Так как довольно трудно найти кадмий в продаже, то вместо сплава Вуда для заливки детекторных кристаллов можно применять сплав Лихтенберга, который состоит из 3 частей свинца, 2 частей олова и 5 частей висмута и плавится при 91°. Температура плавления олова 232°, свинца 327°, висмута 269° и кадмия 320°.

2) «П е р и к о н» — детектор. Состоит из двух минералов—цинкита и халькопирита, — заплавленных в чашечках сплавом Вуда Очень хороший и весьма чувствительный детектор. Был принят как образец в Р. О. Б. Т. и Т. и в Морском Радиотелеграфе (рис. 22).

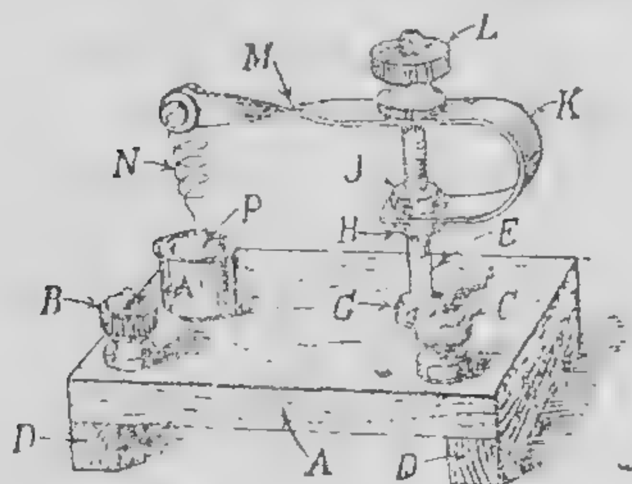
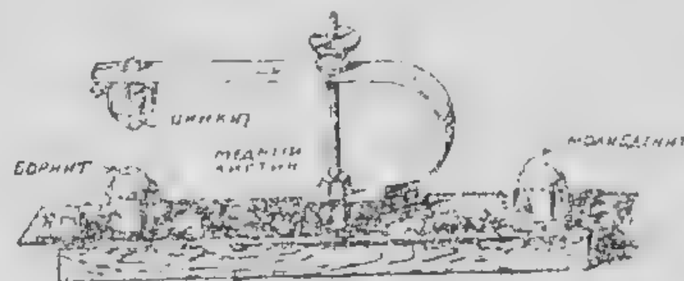


Рис. 21.


Рис. 22.

3) К а р б о р у н д о в ы й детектор, представляет собою комбинацию карборунда и стальной пластинки. Кристалл карборунда в форме конуса заплавляется в чашечке острием вверх, стальная пластинка довольно сильно нажимает на острие кристалла, благодаря чему этот детектор не разрегулировывается от сотрясений. Обладает, однако, тем недостатком, что требует дополнительного напряжения.

4) М о л и б д е н о в ы й б л е с к—металл. Значительно менее чувствительный детектор, чем предыдущие, но довольно постоянен в действии.

5) П и р и т—медное острие. Довольно хороший детектор, но уступающий все-же галеновому и перикону.

Наиболее распространенный среди любителей детектор—это галеновый. На радиостанциях применяется главным образом «перикон»; карборундовый детектор в большом употреблении на станциях Маркони.

Кроме кристаллических детекторов, в практике радиотелеграфа раньше применялись еще детектора электролитические и магнитные. Приборы эти ныне совершенно не употребляются, да и в свое время не могли конкурировать с кристаллическими детекторами, как в отношении чувствительности, так и по простоте в обращении.

Таким образом «схема», т.-е. комбинация элементов приемной радиостанции имеет всегда три главных части: 1) открытый контур, в который входит антенна, катушка самоиндукции с некоторым конденсатором и земля, 2) детектор и 3) телефон.

10. Устройство любительской антенны.

Разберем в первую очередь устройство открытого контура приемной установки.

Антенна представляет собою один или несколько проводников, подвешенных на изоляторах на мачтах. Лучший результат получается, если мачты достаточно высоки (от 20—100 метров) и антенна подвешена вполне свободно, т.-е. под нею нет ни металлических крыш, ни деревьев (рис. 23-а, b). Поднятые между зданиями антенны довольно хорошо исполняют свое назначение, но, к сожалению, сильно подвергаются действию так называемых «паразитных» токов. Эти «паразитные» токи вызывают в телефоне шум и трески, достигающие иногда такой силы, что заглушают работу радиостанции. Поэтому прием радио в больших городах всегда сопровождается мешающими шумами, но все-же возможен в довольно широких пределах, применяя некоторые меры предосторожности, о которых мы сейчас упомянем.

Прежде всего следует позаботиться о хорошей изоляции антенны. Два или три соединенных один за другим специальных изолятора вполне удовлетворят этому требованию. Если нет специальных изоляторов, (рис. 24), то можно связать несколько самых крупных изоляторных роликов, употребляемых обычно для проводки сильных токов (напр., к электродвигателям). Несколько хуже



Рис. 23-а.



Рис. 23-b.

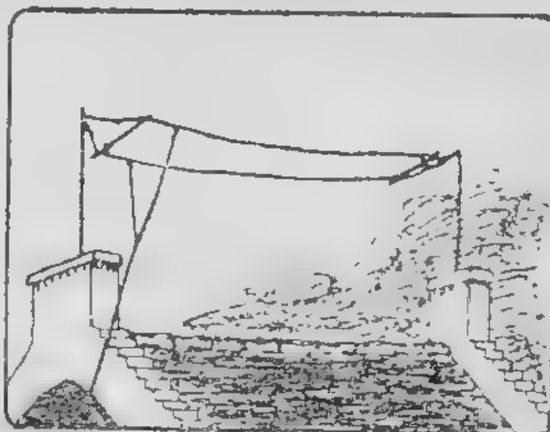


Рис. 23-с.

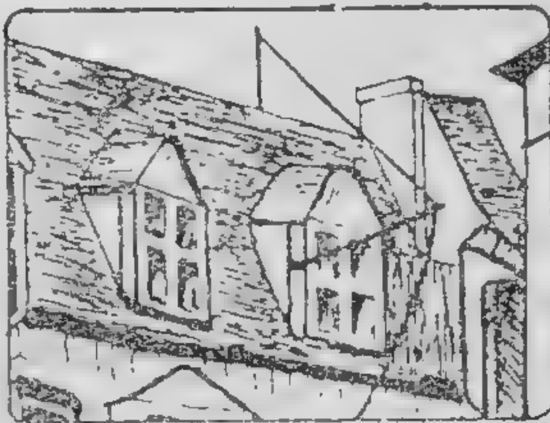


Рис. 23-d.

употребление эбонитовых палочек, так как эбонит выветривается и по нему появляются трещинки, в которых скопляются влага и копоть.

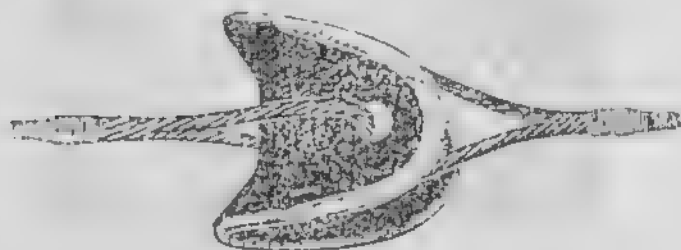


Рис. 24-а.

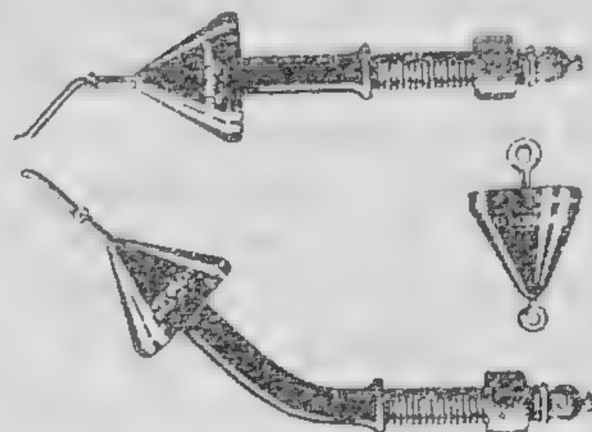


Рис. 24-б.

Затем, никогда не следует располагать антенну параллельно трамвайной линии, если она проходит по близлежащей улице, или параллельно группе телефонных проводов. Направление горизонтальной части антенны должно быть избрано перпендикулярным указанным линиям и возможно дальше от нее. Совсем плохой результат получается от антенны, пересекающей улицу, по которой проложен трамвай. Хотя, в данном случае, направление и перпендикулярное трамвайной линии, но влияние разрядов между троллеем и проводом настолько сильно, что в приемнике при всяком прохождении

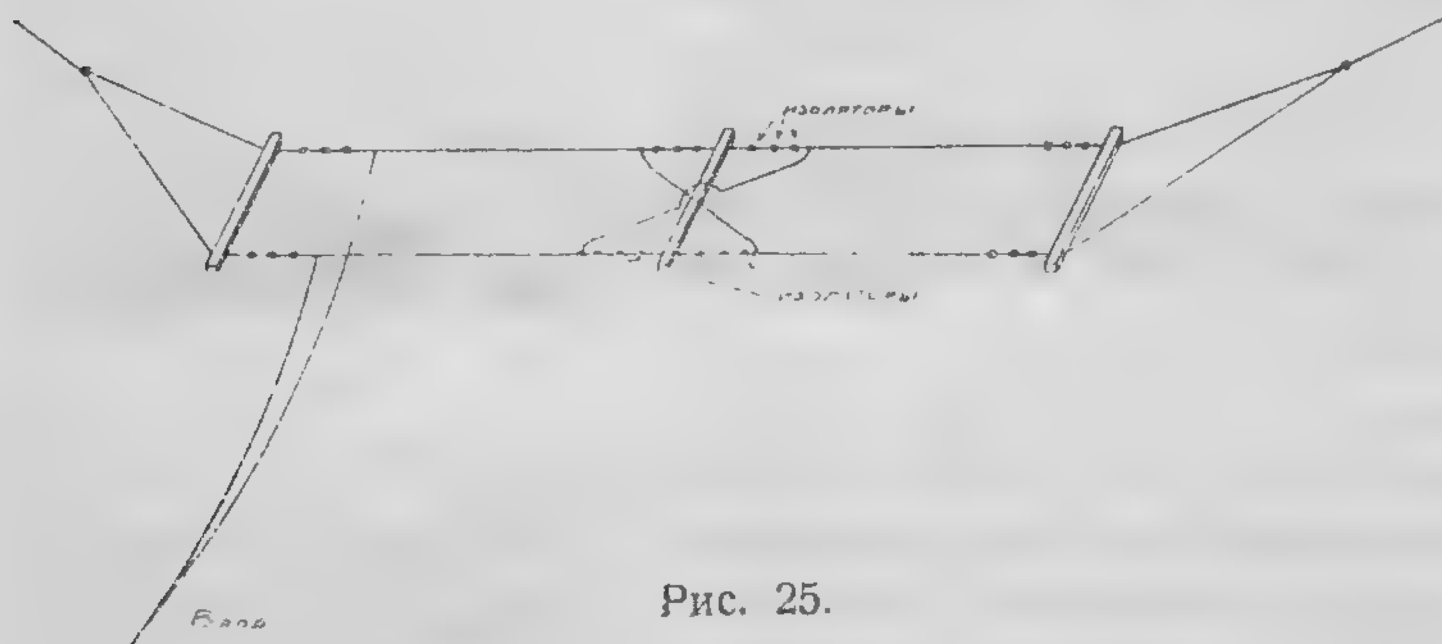


Рис. 25.

вагона будет слышен ряд тресков, весьма неприятно искажающих принимаемую работу. Эти трески можно до известной степени ослабить при помощи специальной антенны (рис. 25), состоящей из двух параллельных проводников, перекрещивающихся между собою в середине. Тогда, токи, индуктированные в каждой половине антенны

будут идти навстречу и гасить друг друга. К сожалению, на практике это оказывается не вполне так, ибо под влиянием внешнего разряда, антенна просто возбуждается на ту частоту, на которую она в данный момент настроена. Индуктированные токи низкой частоты, напр. осветительных линий, действительно, значительно ослабляются применением описанного перекрещивания.

Материалом для антенны служит обычно медный канатик, представляющий собой сплетение проволок диаметром около 0,5 мм. или 0,8 мм. Число таких проволок обычно семь и общий диаметр канатика 3 мм. Для приемных антенн употребляются также канатики

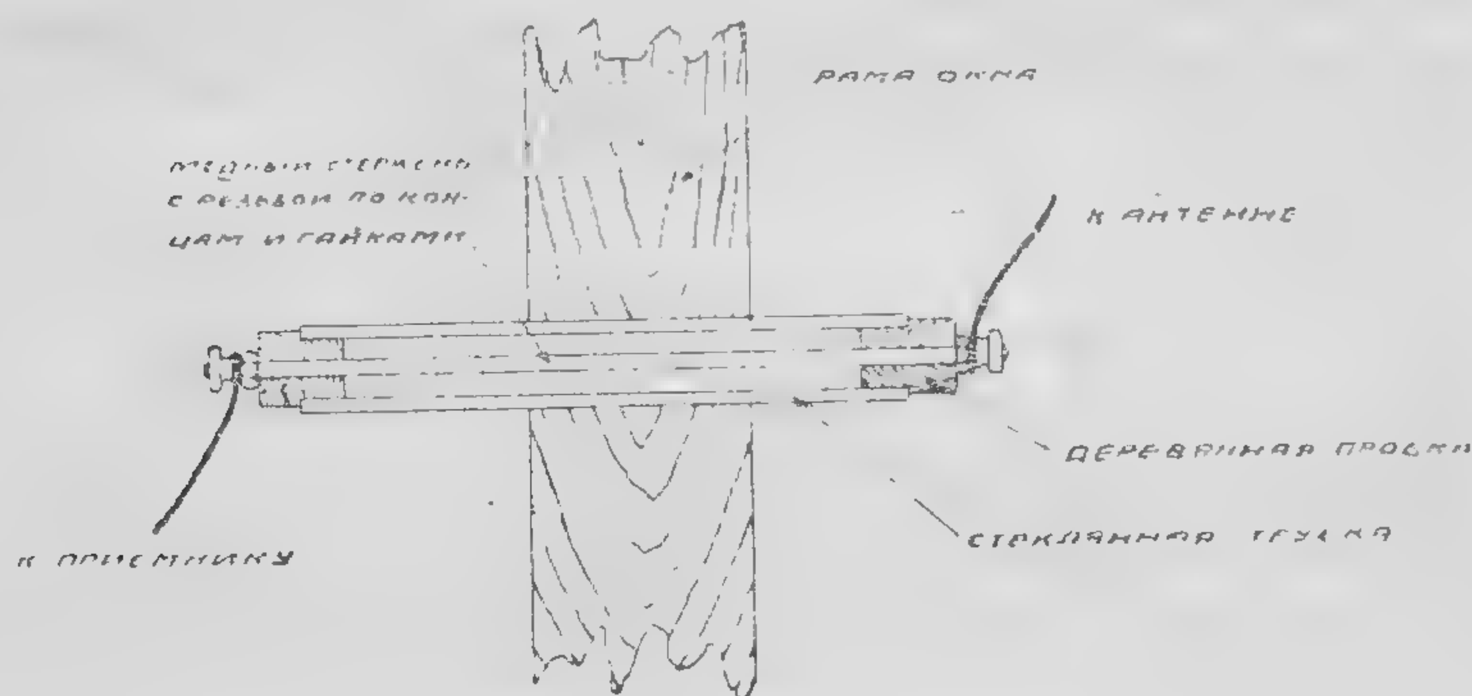


Рис. 26.

из тонких жил общим диаметром 1,7 мм. Применение для антенн сплошных проводников возможно, но менее удобно, так как такие проводники обладают большой жесткостью. Железные провода (типа междугородних линий) дают значительно более худший результат, чем медные.

Антенна должна быть тщательно пропаяна во всех своих соединениях со вводами и между проводниками. Токи, появляющиеся в ней, весьма слабы и распространяются лишь по поверхности проводника, так что всякие неплотности в скрутках и окисление их значительно уменьшают захваченную антенной энергию; поэтому надлежащее соединение частей антенны совершенно необходимо. Ввод антенны должен быть тщательно изолирован в той части, в которой он проникает через стену или раму окна во внутреннее помещение станции. Если дело идет только о приеме, то можно ограничиться

заключением конца ввода в каучуковую трубку, но лучше всегда проводить его в отверстие, проделанное специально сквозь особые вводные изоляторы (рис. 26). Для передающей станции надлежащая изоляция ввода имеет особо важное значение; так, потенциал антенны может оказаться весьма большим, и по изолятору ввода может появиться искра прямо на ближайший заземленный предмет, совершенно ослабив излучение. Снаружи здания или же внутри следует устроить особый выключатель ножевого типа (рубильник) для заземления антенны на случай грозы. Невысоко поднятые антенны не представляют опасности в этом отношении, но даже сравнительно незначительно поднятая над общим уровнем самых высоких предметов, антенна может служить точкой, в которую ударит молния и, если она не будет заземлена, может причинить серьезные повреждения.

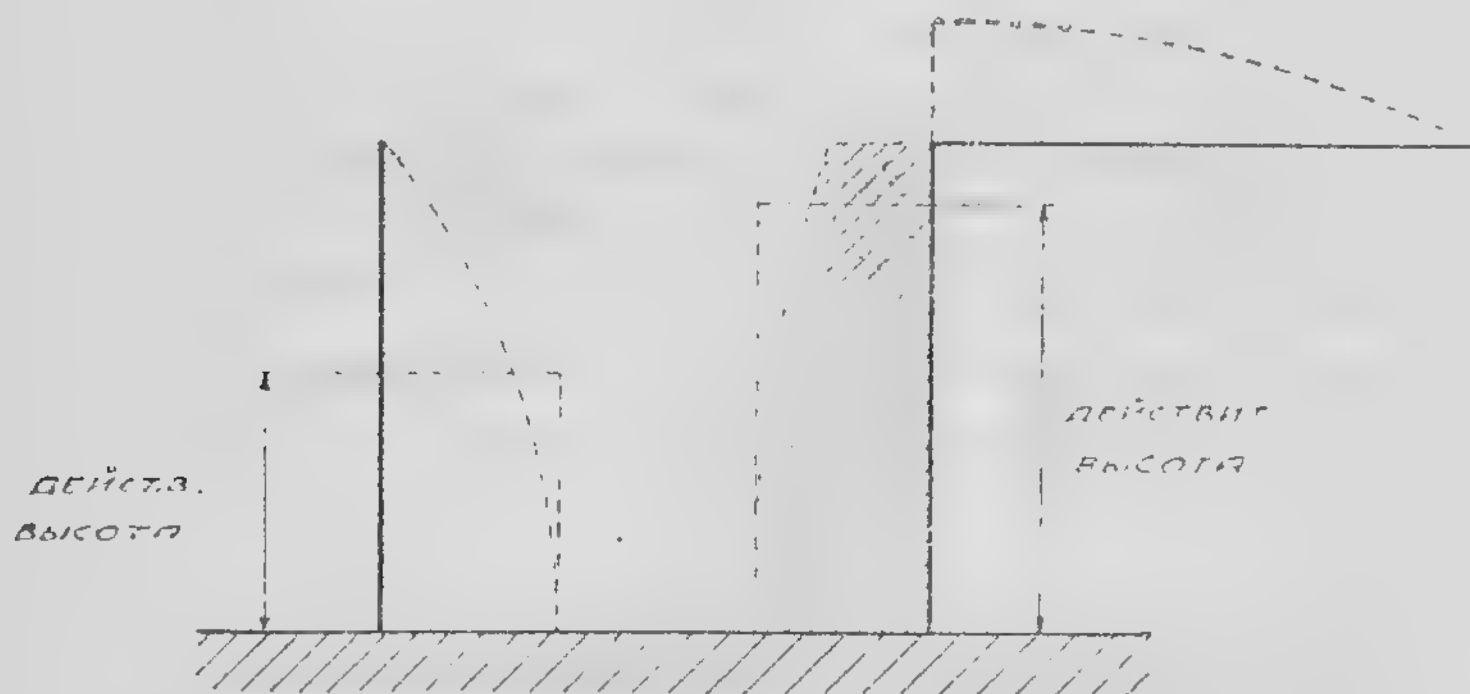


Рис. 27.

Конец проводника ввода антенны, проведенный в помещение, также изолируется, дабы он случайно не коснулся заземленных предметов, и на него напаивается наконечник, который уже и будет приключаться к зажимам приемника. Вся антенна должна быть хорошо растянута оттяжками, чтобы не качалась под действием ветра, что очень важно при приеме коротких волн. Качающаяся антенна, особенно если она находится невысоко над землей, довольно сильно меняет свою емкость, и слышимость станции подвергается колебаниям, так как при изменении емкости открытого контура вся система выходит из настройки на данную волну. Различные формы доступных любителю антенн показаны на рисунках 23-a, b, c, d.

Выше мы указывали, что электрическое поле перпендикулярно земной поверхности. Это значит, что оно способно создать некоторое движение электронов в проводниках, расположенных вертикально. Таким образом, горизонтальная часть антенны возбуждена не будет, но все-же присутствие ее совершенно необходимо, так как она дает возможность равномерно работать вертикальной части. Как было указано выше, распределение тока и напряжения по антенне имеет неравномерный характер: для тока наибольшее значение получается у заземления, а для напряжения—в верхнем конце антенны. Поэтому, если уничтожить горизонтальную часть антенны, то хотя вертикальная часть ее, единственно способная к возбуждению, останется та же, но будет работать неодинаково, и мы потеряем значительную часть энергии. Как принято выражаться, уничтожением горизонтальной части мы понижаем «действующую высоту» антенны (рис. 27).

Наоборот, если горизонтальная часть расположена снижаясь, то этим мы еще более убавляем силу тока в антенне, так как ток в снижающейся части направлен напротив тока вертикальной части и общее действие оказывается ослабленным. Конечно, устроить идеальную антенну не удается и снижения, хотя и несколько неудобны, но все же терпимы. На деле, горизонтальная часть также несколько возбуждается, так как фронт волны расположен не совершенно перпендикулярно, а несколько наклонно.

Антенна, заземленная без включения каких-либо катушек или конденсаторов, колеблется с частотой, соответствующей некоторой волне, присущей самой антенне. Эта волна называется «собственной волной антенны» и, будучи выражена в метрах, приблизительно в четыре—пять раз длиннее провода антенны от заземления до конца горизонтальной части. Поэтому при устройстве антенны следует подсчитать, какие размеры следует ей придать, чтобы принимать заданные волны.

Пусть, например, мы желаем принимать станцию, работающую волной 820 м. В антенне будет включена катушка так, что собственная длина волны ее не будет, конечно, четвертью указанной рабочей волны. Обычно, вполне допустимо удлинение в три раза. Собственная волна антенны будет тогда около 270 м. Четверть этой величины даст линейное протяжение провода антенны, т.-е. около 65 м. Допустим, теперь, что можно придать вертикальной части антенны 20 метров; тогда для нашей цели будем иметь антенну в 20 метров вертикальной части и 45 горизонтальной. Но учитывая увеличение емкости

при наличии горизонтальной части, возьмем ее 30 метров. Это будет тем более справедливо, что собственные волны антенн Г-образного типа больше длины провода не в четыре, а в пять раз или около того. Таких проводников мы возьмем два соединенных параллельно (рис. 23-в). Эта антенна обеспечит нам великолепный прием всех больших станций Европы на трехламповый приемник. Опыт показывает, что удлинение собственной волны антенны при помощи включения катушки можно вести гораздо дальше, чем в три раза, и даже в двадцать раз, примерно до волны в 7.000 м. Предыдущий подсчет не теряет, однако своего значения, так как имеет большую важность для проектирования антенны для приема коротких волн, напр. 200 м.,—волны принятой для сношений между радиолюбителями.

11. Устройство заземления.

Следующей основной частью радиостанции является заземление.

Приемник может быть любой системы, но антенна и заземление остаются неизменными и поэтому рациональное устройство его очень важно. Для передающей станции, особенно небольшой мощности, заземление должно быть особенно хорошо; для приемной станции можно пользоваться водопроводными трубами или трубами центрального отопления.

Место трубы, в котором будет присоединен проводник заземления, тщательно вычищается напилком и стеклянной бумагой. Затем труба обертывается листком станиоля, по которому плотно навертывается голая, довольно толстая медная проволока. Концы проволоки тщательно скручиваются и оставляется один длинный конец для присоединения к прибору. Если нет трубопроводов, то придется закопать на глубине 1,5 аршин медный лист, к которому припаивается медная же лента. Эта лента гвоздями прибивается к стене дома и вводится в помещение станции. На конце ее припаивается зажим, к которому можно присоединить провод от зажима заземления приемника.

Как бы ни были примитивны приемные приборы любителя, мы настоятельно рекомендуем самое тщательное устройство антенны и заземления. Правильное устройство этих важнейших частей станции сразу скажется на работе и, самое главное создаст уверенность, что причина какого-либо неуспеха кроется лишь в самом приемнике, а это очень ценно, так как позволит спокойно работать.

12. Устройство и расчет приемника.

Приемник представляет собою комбинацию катушек самоиндукции и конденсаторов для получения контура, настроенного на любую частоту, т.-е. резонирующего на электромагнитное колебание любой длины волны. При этом прибор устроен так, чтобы настройка на различные волны происходила с наименьшими потерями, без излишней затраты и без того малого количества энергии антенны.

Прежде чем перейти к описанию схемы приемника, рассмотрим как соединяются конденсаторы и самоиндукции.

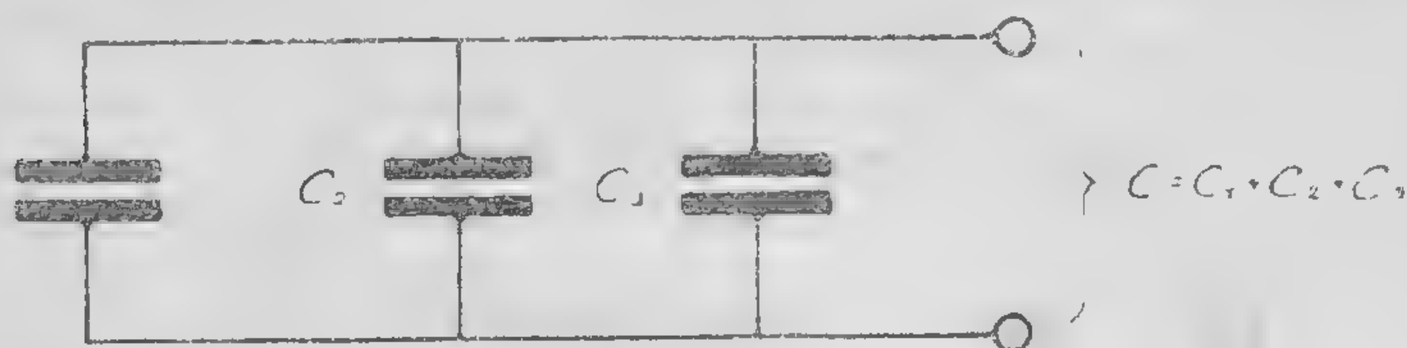


Рис. 28.

Соединение конденсаторов, при котором одноименно заряженные обкладки соединяются вместе, называется параллельным соединением. Емкость группы соединенных таким образом конденсаторов равна сумме емкостей каждого из них. Это выражается в общем виде формулой:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \dots \dots \qquad (1)$$

Если конденсаторы соединены так, что обкладка первого из них заряженная, скажем, положительно соединяется с отрицательной обкладкой следующего конденсатора, то такое соединение называется последовательным соединением конденсаторов и общая емкость вычисляется из следующих формул:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots\dots \qquad (2)$$

Наиболее частый случай последовательного соединения двух конденсаторов дается формулой:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \qquad (3) \qquad\qquad C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \qquad (4)$$

Из формулы (4) видно, что чем больше C_2, тем ближе емкость системы приближается к емкости одного из конденсаторов $C = C_1$.

С другой стороны также видно, что емкость системы всегда меньше любого из составляющих ее конденсаторов.

Так как система антенна—земля обладает определенной емкостью, то мы можем рассматривать ее как конденсатор и комбинировать с настоящим конденсатором переменной емкости. Меняя емкость этого последнего, включенного в антенну, мы будем менять емкость колебательной системы и получим настройку на любую частоту или, как говорят чаще, «на любую волну». Подобным же образом, при помощи включения катушек, мы можем удлинить во много раз волну открытого контура. Включая конденсатор последовательно с емкостью антенна—земля, можно получить контур, волна которого меньше собственной волны антенны.

Укорочение волны антенны таким включением конденсатора может быть доведено лишь до определенных размеров. В самом деле, если мы отсоединим антенну от земли совершенно, то пучность тока переместиться к ее середине и на ней расположится половина волны с узлами тока по концам, как на двухстороннем диполе. Волна, на которую настроен такой контур, будет вдвое меньше собственной волны заземленного вибратора. Отсюда следует, что укорачивающим волну конденсатором можно уменьшить длину волны открытого контура, самое большее, вдвое.

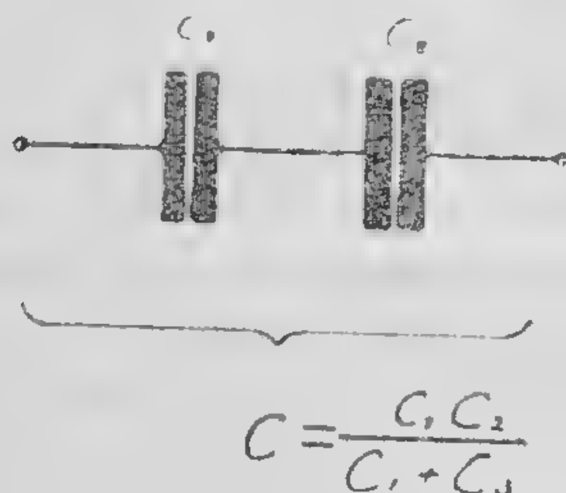


Рис. 29.

Значит, и самая короткая волна, которую можно принять с проектированной нами антенной, собственная волна которой около 270 м., будет 150 м. Для этой цели нам будет необходимо включить в антенну последовательно конденсатор емкостью около $^1/_2$ емкости антенны. По формуле (4) найдем общую емкость системы $C = \frac{C_A \cdot 0{,}5\, C_A}{1{,}5\, C_A} = {}^1/_3 C_A$. Подставляя в формулу $\lambda = 2\pi \sqrt{L_A C_A}$, вместо C_A величину $^1/_3 C_A$, найдем, что волна укоротится, примерно, в 1,7 раз.

Основные схемы открытого контура приемников разделяются, таким образом, на два типа: 1) схему коротких волн (рис. 30), состоящую из антенны, последовательно включенного конденсатора, катушки и земли, и 2) схему длинных волн (рис. 31), состоящую из антенны,

катушки, земли, а параллельно катушке приключен конденсатор. Приемник на большой диапазон волн всегда имеет особый переключатель, одним поворотом которого можно сразу переключиться со схемы длинных волн на короткие и обратно (рис. 32).

Обычно, простой детекторный приемник имеет только открытый колебательный контур по одной из выше приведенных схем и затем разность потенциалов, получающаяся на концах включенной в антенну катушки, используется для приема сигнала. Для этой цели к концам катушки присоединяются соединенные последовательно детектор и телефон. Тогда переменный ток высокой частоты выпрямляется детектором и на телефон действуют группы волн от каждой искры, как это было объяснено выше.

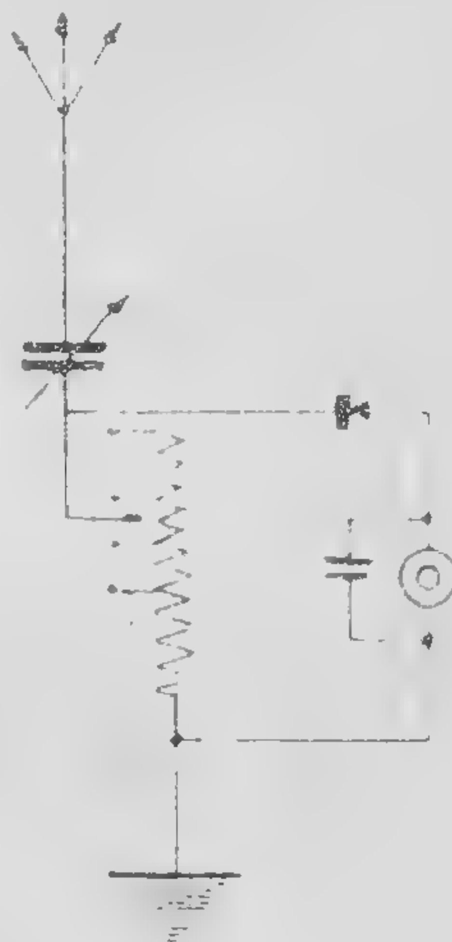


Рис. 30.

Для того, чтобы каждое из выпрямленных колебаний действовало не ослабевая, параллельно телефону приключается некоторый конденсатор, который заряжается выпрямленными полуколебаниями, и на телефон действует заряд всей группы сразу.

Такой конденсатор называется блокировочным; емкость его, независимо от системы приемника, обычно около 0,01μF.

Расчет приемника сводится к определению самоиндукции и емкости системы антенна-земля, со включенными в нее катушками и конденсаторами.

Предположим, что мы желаем принимать с вышеописанной антенной, собственная волна которой 270 метров, все волны от 300 метр. до 3.000 метров. Допустим также, что в нашем распоряжении имеется один конденсатор переменной емкости, величина которого может плавно меняться от 200 до 2.000 см. Антенна имеет некоторую емкость, которая должна быть вычислена по приведенным в конце книги формулам Austin'а или L. Cohen'а. Собственная длина антенны равняется от 4l до 5,5l, где l—длина провода от наачла ввода до конца горизонтальной части, а число 4 или 5—называется «волновым коэф-

фициентом». Для ге-образного типа этот коэффициент обычно 5. Формула Austin'a (Таблицы и справки, п. 4) дает емкость антенны около 400 см.; зная длину собственной волны 270 метров (приблизительно 5×50) по формуле $\lambda = 2\pi\sqrt{L_A C_A}$ вычислием $L_A = 53{,}4\ \mu H$.

Действительно: $\frac{(27000)^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot 400} = \frac{854}{16} = 53 \mu H.$

Всякая катушка, включенная в антенну, увеличивает ее самоиндукцию, так как в данном случае самоиндукции антенны и катушки складываются. Вообще говоря, самоиндукции, соединенные последовательно, складываются:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \ldots\ldots$$

Самоиндукции, соединенные параллельно, дают общий коэффициент системы, вычисляемый по формуле:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \ldots\ldots$$

При двух параллельно соединенных самоиндукциях коэффициент самоиндукции системы будет

$$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

Как легко видеть, эти формулы подобны формулам соединения конденсаторов, только формула последовательного соединения конденсаторов похожа на формулу параллельного соединения самоиндукции и наоборот.

Согласно изложенному, самоиндукция приемной антенны будет всегда

$$L = L_A + L_{кат.}$$

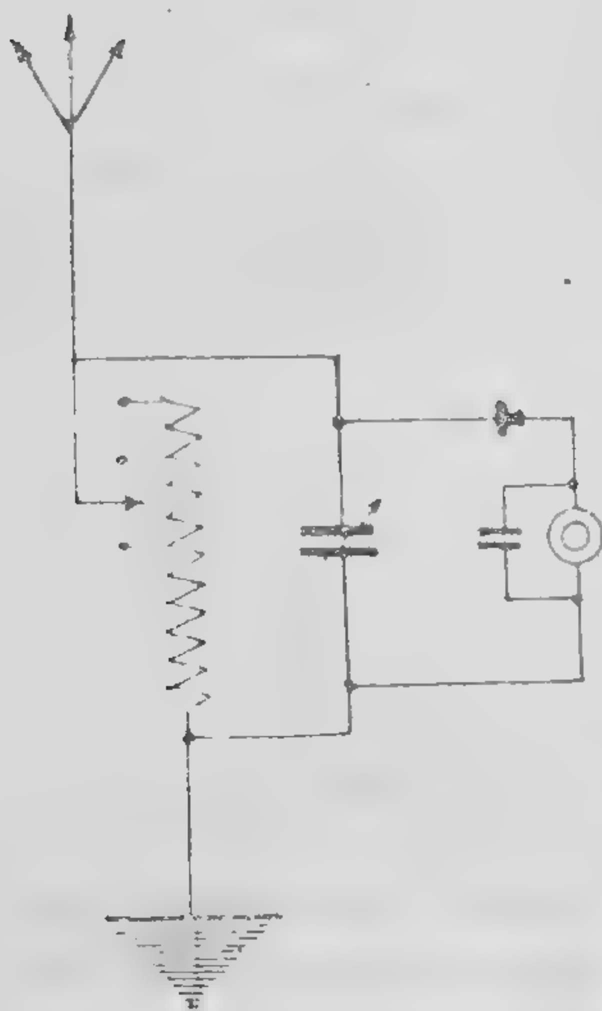


Рис. 31.

Величина L_A не велика,—в нашем случае лишь 53 μH. но ею нельзя пренебречь при приеме коротких волн.

По условию, нам необходимо принимать волны от 300 м. Разделим прием их на две группы: 1) прием по схеме коротких волн, и 2) прием по схеме длинных волн.

По схеме коротких волн зададимся диапазоном от 300 м. до 800 м. и вычислим, в каких пределах мы можем менять волну при такой

системе при помощи нашего конденсатора. Для этого вычислим емкость приемной системы по формуле последовательного соединения емкостей:

$$C = \frac{C_A \cdot C_{конд.}}{C_A + C_{конд.}}$$

Наименьшая емкость получится при мало-вдвинутых пластинках переменного конденсатора, когда $C_{min} = 200$ см. Емкость антенны, как вычислено заранее, равна 400 см. Имеем:

$$C_{min.} = \frac{400 \cdot 200}{400+200} = 133 \text{ см. (около 150).}$$

Для получения волны в 300 метров при 150 см. емкости по абаку рис. 20, находим самоиндукцию 150.000 см. или 150 μH. В эту самоиндукцию входит и самоиндукция антенны 50 μH, следовательно самоиндукция первой катушки $L_1 = 100$ μH. Вычислим теперь наибольшую емкость приемной схемы коротких волн.

$$C_{max.} = \frac{400 \cdot 2000}{2400} = 333 \text{ см.}$$

По абаку, рис. 20 для системы, состоящей из самоиндукции в 150 μH и емкости в 330 см., находим волну 440 метров. Затем следует подбирать коэффициент самоиндукции системы так, чтобы ее начальная волна со следующей катушкой укладывалась в диапазоне предыдущей системы, принимая во внимание, что емкость в схеме коротких волн меняется лишь от 150 до 330 см., т.-е. приблизительно вдвое. Для этого, положив линейку на абак на величину емкости 150 см., выбираем волну между 300 и 440 метрами, напр., 420 метров. Самоиндукция по левому графику оказывается 275 μH или 275.000 см.

При этой самоиндукции 275 μH и наибольшей емкости 330 см. имеем наибольшую волну 600 метров.

Затем находим самоиндукцию системы для волны в 550 метр. при емкости в 150 см.: получаем 550 μH или 550.000 см. При этой самоиндукции наибольшая волна будет (L=550 μH, C=300 см.) 850 метров. На этом мы и ограничим прием по схеме коротких волн.

Следовательно схема коротких волн дает:

Длина волны.	Емкость.	Самоиндукция: полная	Самоиндукция: катушка
от 300 м. до 440 м.	от 150 до 330 см.	150 μH	100 μH
» 420 » » 600 »	тоже	275 μH	225 μH
» 550 » » 850 »	тоже	550 μH	500 μH

Число витков катушки, необходимое для получения найденных коэффициентов самоиндукции будет показано ниже.

При схеме длинных волн коэффициент самоиндукции системы остается тем же, но емкость меняется в значительно более широких пределах, так как в данном случае мы имеем сложение параллельно соединенных емкостей C_A и $C_{\text{конд.}}$.

$$C = C_A + C_{\text{конд.}}$$

Следовательно, наименьшая емкость в данном случае будет $C_{min.} = 400+200=600$ см. и наибольшая 2.400 см. По абзку (рис. 20) находим диапазон волн для системы, состоящей из самоиндукций в 150, 275 и 550 μH для емкостей от 600 до 2.400 см.

Схема длинных волн.

Самоиндукция:		Емкость.	Длина волны.
полная	катушка		
150 μH	100 μH	от 600 см. до 2.400 см.	от 575 м. до 1.100 м.
275 μH	225 μH	то же.	» 800 » » 1.600 »
550 μH	500 μH	то же.	» 1.100 » » 2.200 »
1.000 μH	950 μH	то же.	» 1.500 м. до 3.000 м.

Таким образом по схеме длинных и коротких волн, с нашей антенной и катушкой в 500 μH (с выводами на 100 μH и 225 μH) можно перекрыть диапазон от 300 метров до 2.200 метров. Таким же путем подсчитывается и другая катушка для схемы длинных волн на диапазон от 1.500 метр. до 3.000 метров, которую лучше сделать типа сотовой намотки, как будет указано ниже. Число слоев ее находится по табл. II.

Приемник, спроектированный таким образом, будет иметь коммутатор на пять контактов, переменный конденсатор и переключатель для приема по схеме коротких и длинных волн. Подвижная щетка коммутатора самоиндукций соединяется с детектором, который другим своим полюсом приключен в блокировочному конденсатору; второй полюс конденсатора соединен с началом катушки. Это же начало катушки заземляется через переключатель схемы. Телефонные гнезда присоединены к полюсам блокировочного конденсатора. В приемниках, применяемых в эксплоатации, применен также особый коммутатор с кнопками, имеющими выводы другие чем те, которые секционируют самоиндукцию для перекрытия данного диапазона. Это сделано потому, что далеко не всегда выгодно подавать всю ка-

гушку на детектор и телефон, а существует некоторое наивыгоднейшее соотношение между числом витков, взятых в антенну и витками, соединенными на детектор. Это соотношение подбирается экспериментально. Но в приемниках, которые может построить любитель, этим преимуществом можно пренебречь.

Катушка самоиндукции, которая может быть применена для данного приемника, может быть двух типов. Во-первых, это может быть одна целая катушка с выводами на частях ее, самоиндукция которых от начала до данной точки как раз соответствует вычисленным значениям. В этом случае остальная часть катушки, не включенная в антенну, является бесполезной и до известной степени вредной, так как находится в поле действующей части и поглощает часть энергии. Поэтому, такие катушки не только секционируются, но и подразделяются на части. Коммутатор переключения частей, включенных в антенну, может быть устроен так, что автоматически разрывает действующую часть от недействующей. Но такие приспособления очень трудно устроить любителю. На этом основании при расчете такого приемника не следует задаваться очень большим диапазоном, а лучше, если требуется иметь и длинные волны, на кнопки 4, 5 и 6 изготовить вторую катушку с выводами, оставив 1, 2 и 3 на малой отдельной катушке. На рис. 33 показано устройство простого переключателя катушки с выводами.

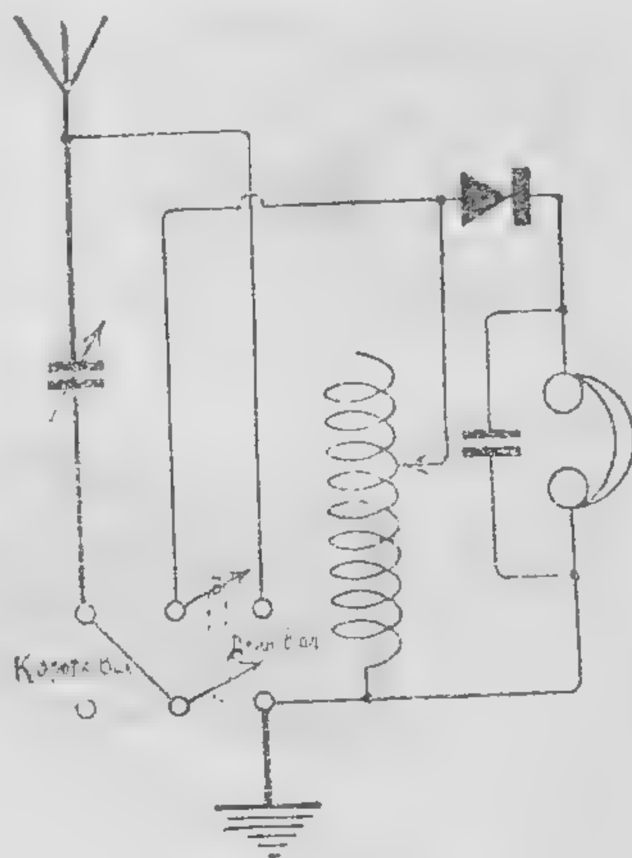


Рис. 32.

Катушки изготовляются из мягкого многожильного проводника с двойной шелковой изоляцией. Можно также делать катушки из одножильного проводника, вроде того, что употребляется для звонковой сигнализации, и вообще из всякого другого изолированного проводника, если не стремиться к наилучшему эффекту. Самый лучший проводник для радиотелеграфных целей, это так называемый «Litzendraht». Он состоит из большого числа (80—95) изолированных жил, и потери в нем сведены до минимума. При присоединении такого

проводника к зажиму, следует тщательно пропаять конец, предварительно хорошо очистив каждую жилу от изоляции и лучше всего к концу проводника припаять наконечник.

В современной радиотехнике употребляются катушки самоиндукции различных типов, в зависимости от способа намотки.

Новейшие системы намоток имеют целью ослабить так называемую «собственную емкость» катушек, которая увеличивает вредные потери в цепи. Собственная емкость велика в катушках с близко и плотно намотанными витками, напр., в таких, которые намотаны, как катушки ниток. Поэтому, для большинства открытых контуров употребляются однослойные катушки, на папковом или пресштановом цилиндре. Витки располагаются плотно один к другому и после закрепления обмотка пропитывается раствором шеллака в спирту и тщательно просушивается. Чтобы сделать вывод во время обмотки от части катушки, в пресшпановом цилиндре против места, где будет вывод, проделывается дырочка и изнутри цилиндра выпускается небольшая петля тонкой и крепкой бечевки, в которую пропускают петлю наматываемого проводника. Затем бечевку протягивают внутрь и туго завязывают, чем закрепляют проводник на цилиндре, и обмотка продолжается далее. Полученный вывод в виде длинной петли скручивается вместе, на конце проводник зачищается и пропаивается.

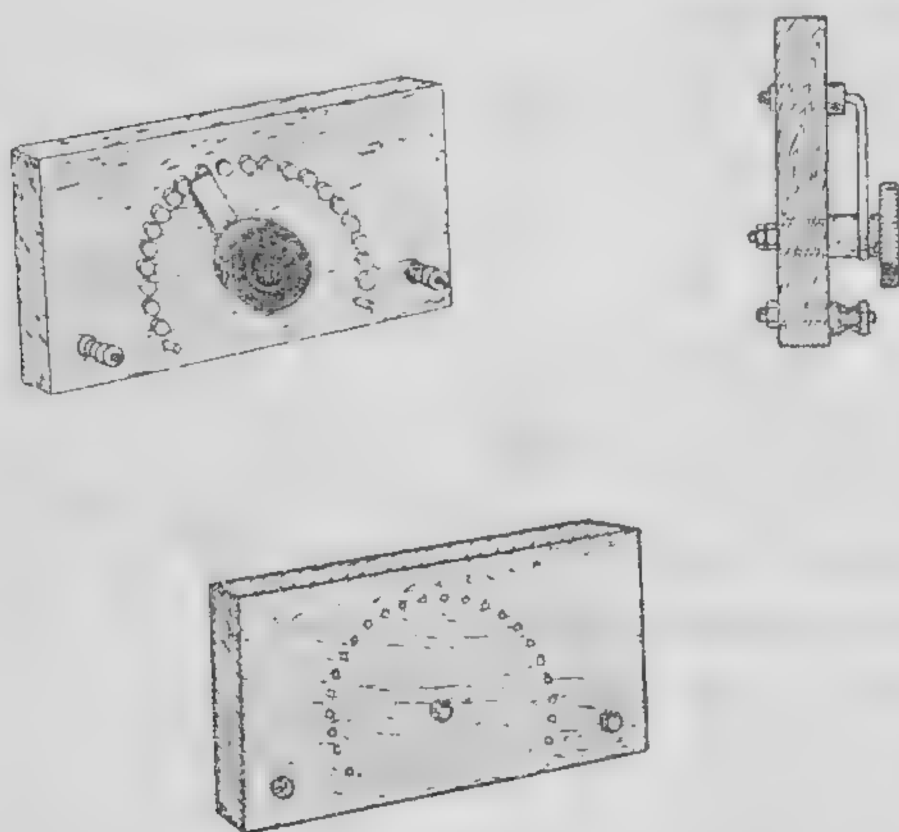


Рис. 33.

Однослойные катушки расчитываются по формуле Нагаока

$$L\mu H = 0{,}00987 \times D^2 \times n^2 \times l \times K.$$

В этой формуле L выражено в μH, D—диаметр катушки в сантиметрах, l—длина намотанной части в см., n_1—число витков на см.

длины катушки (т.-е. обмотанной части), K—дополнительный коэффициент, зависящий от отношения $\frac{D}{l}$ и который берется из таблицы I.

Вычисление самоиндукции готовой катушки по этой формуле производится очень легко. Катушка же на заданный коэффициент самоиндукции вычисляется путем подбора, задаваясь D, l и n_1 и изменяя эти величины в зависимости от полученного результата.

Если диаметр проводника неизвестен, то для получения точного результата лучше намотать некоторое число витков на 1 или 2 см. длины катушки и сосчитать число витков.

Например, вычислим самоиндукцию катушки D=5 см. и l=6 см., имеющей 70 витков.

Отношение $\frac{D}{l} = 1$; из таблицы I для $\frac{D}{l} = 1$ находим K=0,688.

Число витков $n_1 = \frac{70}{6} = 11,6$, откуда искомая самоиндукция $L = 0,00987 \times 36 \times 134,6 \times 6 \times 0,688 = 197$ μH.

Для нашего приемника нам необходима катушка на 500 μH с выводами на 100 μH и 225 μH.

Предположим, что имеется проводник диаметром 0,9 мм. двойной шелковой изоляции. Такой проводник располагается обычно 8,63 витка на см. длины катушки.

Полагая длину обмотки l=6 см., имеем $\frac{D}{l} = 1$ и K = 0,688, самоиндукция этой части будет 109 μH, витков 52 (=6×8,63). При l=11 см., имеем $\frac{D}{l} = = 0,55$ и K=0,803, что даст L=233 μH при 95 витках. Наконец, при l=22 см., $\frac{D}{l} = 0,27$ и K=0,887, что дает 517 μH, при 190 витках.

Мы видим, что вычисленные величины несколько отличаются от требуемых, но для приемника это не особенно важно, так как переменный конденсатор с его начальной величиной 200 см. позволит все же остаться в диапазоне.

Таким образом для покрытия диапазона волн от 300 метров до 2.200 метров достаточно одной катушки диаметром 6 см. и длиной в 22 см. со 190 витками проволоки с выводами на 52 и 95 витках.

Для получения более длинных волн требуется большие самоиндукции и потому придется намотать катушки в несколько слоев.

Для получения более точной настройки приемную схему устраивают иногда по так называемой «сложной схеме». В этом случае

токи антенного контура, собранного по схеме коротких или длинных волн, действуют на некоторый промежуточный контур, построенный также на приходящую волну. Антенный контур связывается индуктивно с промежуточным, к которому присоединен детектор и телефон (или усилитель см. рис. 44-b). Сила приема при этом слабеет, но ослабевает и мешающее действие других станций, что является большим преимуществом.

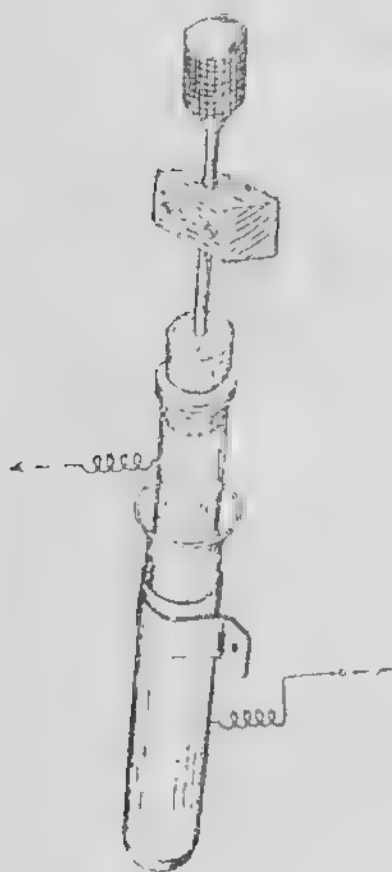


Рис. 34.

Большия самоиндукции, необходимые для приема длинных волн, лучше мотать по типу сотовой намотки, которая описана ниже, в главе о ламповых и регенеративных приемниках. Это сделано потому, что на длинных волнах работают главным образом станции незатухающих колебаний, а для приема затухающих (искровых) станций и телефонии совершенно достаточно приемника и с указанным диапазоном.

Катушка может быть укреплена между стенками ящика, так что ось ее располагается горизонтально. Тогда над нею можно поместить коммутатор и переключатель с коротких на длинные волны. Никогда не следует помещать конденсатор в поле катушки, так как это вызовет чрезвычайно большие потери и совершенно ослабит прием. Хороший конденсатор переменной емкости на рис. 34. Он устроен из двух выдвигающихся пробирок со станиолевыми обкладками. Кроме того, следует наблюдать, чтобы все контакты были достаточно плотны и не загрязнены и отдельные цепи вполне изолированы одна от другой. Общее выполнение зависит, конечно, от того, насколько любитель привык к ручному труду и умеет обращаться с инструментами.

13. Ламповые приемники.

Мы переходим теперь к устройству приемников, получивших наибольшее распространение в наше время и при помощи которых любителями были поставлены мировые рекорды дальнодействия радиостанций. Эти рекорды остаются непревзойденными и теперь промышленными компаниями, хотя целый ряд профессиональных

специалистов работают в этой же отрасли радиотехники. Приборы, при помощи которых был достигнут такой удивительный результат, были построены самими любителями, и все же действие их оказалось вполне совершенным. В основе их устройства находится применение для приема катодных пустотных приборов, о которых немного говорилось в начале книги. Поэтому прежде, чем перейти к описанию устройства ламповых приемников, разберем возможно детально принципы действия и свойства трех-электродной катодной лампы.

14. Катодная лампа.

Изобретение катодной лампы составляет эпоху в развитии радио, так как с ее появлением все без исключения отрасли этой области техники получили совершенно оригинальное и практически правильное направление своего развития.

Прежде всего было замечено, что прохождение электричества через газы, наблюдаемое в так называемых «Круксовых трубках», имеет также место и в том случае, если один из электродов сильно накален. Эдиссон заметил, что накаленные волоски его ламп испускают отрицательные электроны и эти электроны могут проходить пустое пространство, летя на зараженную положительно металлическую пластинку. Выше было объяснено явление испускания электронов накаленными подробно телами. Так как прохождение электронов через пустоту имеет место только в том случае, если накаленный электрод соединен с отрицательным полюсом (катодом), который таким образом приобретает особенно характерное значение в этих приборах,—то и самые пустотные приборы с электронным разрядом принято называть »катодными приборами».

Всякий катодный прибор такого типа состоит из баллона, почти такого же, как и в обычных электрических лампочках, из которого выкачан воздух. В этом баллоне впаяна ножка, несущая нить из тонкой вольфрамовой проволоки, а также электроды, служащие держателями для металлической пластинки, которая соединяется с положительным полюсом некоторой батареи.

Первое свойство, которое мы заметим у такого прибора—это его униполярность, т.-е. возможность проводить ток только в одном направлении. В самом деле, электроны выделяются только с нагретого полюса прибора; они составляют отрицательные атомы электричестве, свободно носящиеся между атомическими системами—поэтому непрерывный вылет электронов будет обеспечен лишь тогда, когда

новые электроны из внешнего источника (батареи) непрерывно замещают вылетевших и сами в свою очередь выбрасываются энергично движущимися молекулами. Присоединим к накаленной нити положительный полюс и тотчас же ток через пустоту прекратится. Следовательно, такой прибор может служить выпрямителем переменного тока, т.-е. детектором. Это и было применено в 1904 году Флемингом на радиостанциях Маркони.

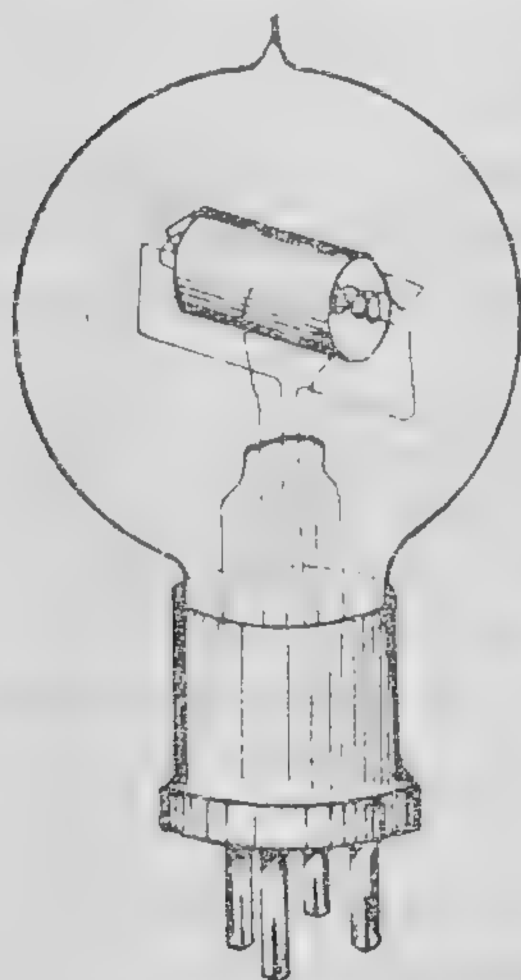


Рис. 35.

Детектор Флеминга или, как его теперь называют, «диод»; (т.-е. состоящий из двух электродов), оказался прибором весьма большой чувствительности и, самое главное, не требующим тонкой регулировки, как напр., кристаллический детектор. В настоящее время «диоды», как детектора, не употребляются, так как для этой цели гораздо лучше служит трех-электродная лампа или «триод», описанный ниже. Но диоды сохранили свое значение, как выпрямители промышленных переменных токов, и широко распространены для получения постоянного высокого напряжения. Мощные выпрямители имеют положительные электроды, охлаждаемые водой, а отрицательные — в виде толстой вольфрамовой проволоки.

Такие выпрямители употребляются на больших радио-телефонных станциях и вообще на станциях неимеющих постоянного тока.

В 1907 году американец Ли де-Форест сделал важное дополнение к детекторной лампе Флеминга, поместив, между накаленной нитью и положительным электродом, металлическую сетку. В цепь батареи, соединенной с нитью и положительным электродом, включался телефон, а детектируемая разность потенциалов подавалась между нитью и сеткой. Тогда, заряды сетки управляли скоростью электронного потока, так как всякий положительный потенциал сетки увеличивал скорость вылетающих электронов, а наоборот отрицательно заряженная сетка отталкивала вылетевшие электроны из нити и ток через пустоту прерывался совершенно. Поэтому, только один положитель-

ные заряды сетки вызывали электронный поток и лампа с сеткой оказалась также превосходным детектором. Но применения лампы с сеткой оказались еще шире: она работает не только как детектор колебаний, но может быть и их усилителем и генератором. Все процессы в ней находятся в строгой зависимости один от другого и, таким образом, имеется возможность изменять режим работы особыми воздействиями, т.-е. возможность модуляции.

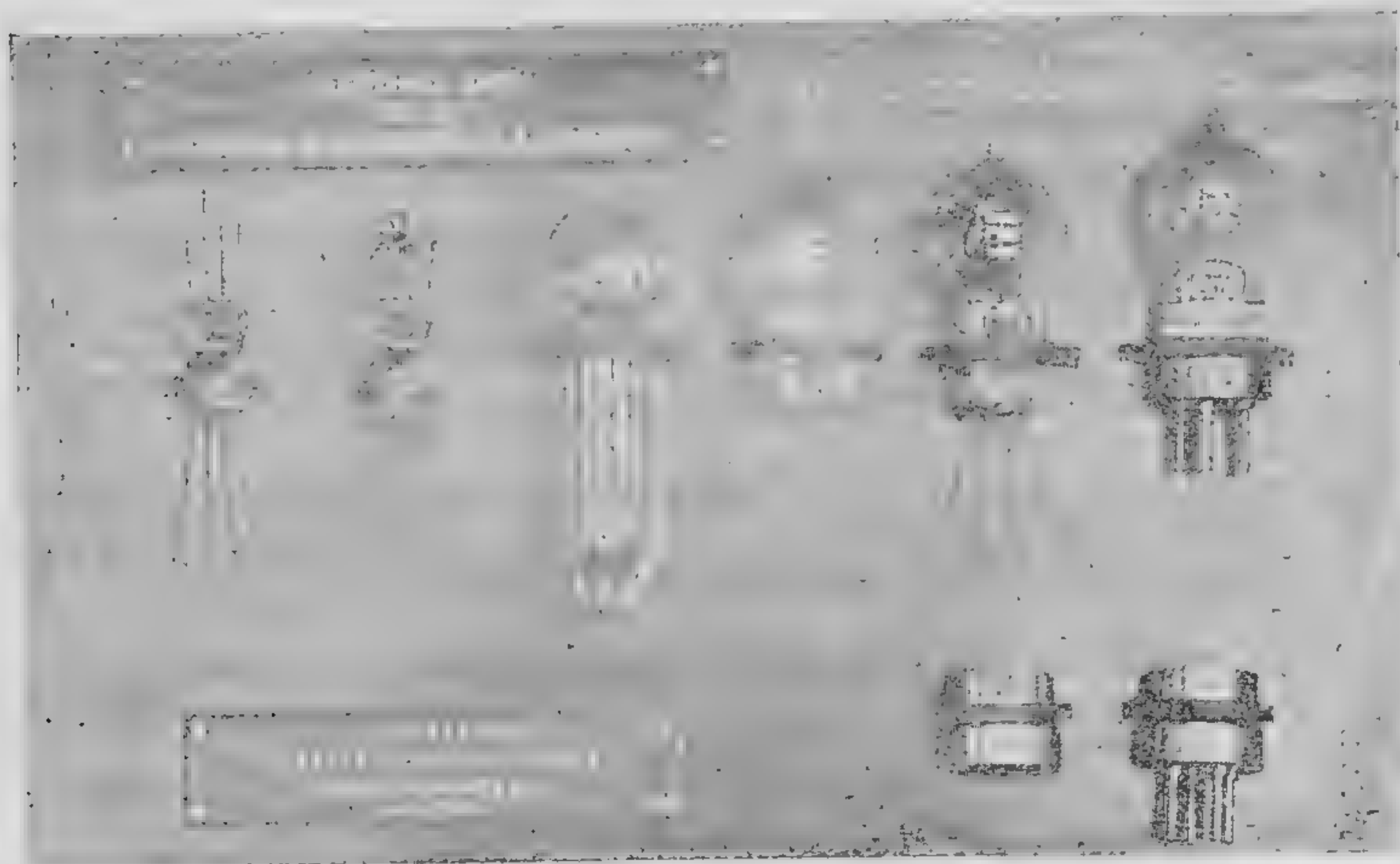


Рис. 36.

Наиболее распространенный теперь тип трех-электродной лампы, широко применяемый во всей Европе,—это так называемая «французская лампа (рис. 35). Она состоит из стеклянного баллона шарообразной или цилиндрической формы, внутри которого находится маленький никкелевый цилиндр длиною 14 мм. и 10 мм. диаметром. По оси цилиндра натянута вольфрамовая нить длиною около 21 мм. окруженная концентричной спиралью, имеющей 12 витков молибденовой проволоки. Диаметр спирали 4 мм., длина около 19 мм. Эта спираль играет роль сетки в лампе де-Фореста. Конструкция малых катодных ламп французского типа представляет собою пример гениальной простоты. Поэтому лампы с цилиндрическими анодами, спиральной сеткой и прямолинейной нитью по оси анодного цилиндра—изготовляются всеми радиотелеграфными компаниями Европы, под различ-

ными фирмовыми названиями. Трест слабых токов также изготовляет лампы французского образца «типа Р5».

Кроме ламп типа Р5, требующих для накала их нити 0,65А при 4 вольтах, в самое последнее время получил распространение особый вид катодных приборов, называемых «лампами микро». По внешнему виду они отличаются от ламп «Р5» темным баллоном. Размеры сетки и анода те-же что и в Р5, но нить накаливается очень слабым током 0,06А при 3,6 вольта. Нити ламп микро покрыты особыми составами, излучающими электроны при значительно более низких температурах, чем обычная вольфрамовая проволочка. Это позволяет пользоваться для накала их сухими элементами, а не аккумуляторами, как для Р5. Анодное напряжение то-же, что и при Р5, т.-е. 80 вольт. Лампы микро представляют много удобств в практике любителя (цена их та же — 6 руб. 50 коп.).

15. Свойства трех-электродной лампы.

Во время работы катодной лампы, т.-е. когда она накалена и присоединена к питающим ее батареям, следует различать три главных цепи (рис. 36).

1. Цепь накала. Нить лампы нагревается батареей аккумуляторов и должна находиться строго на одной и той же температуре во время работы. Поэтому, на зажимы нити ставится вольтметр, по которому можно судить, не меняется-ли тепловой режим. Включение последовательно с нитью лампы амперметра не дает точного представления о тепловом режиме лампы, хотя такое включение весьма сильно распространено в электронных приборах.

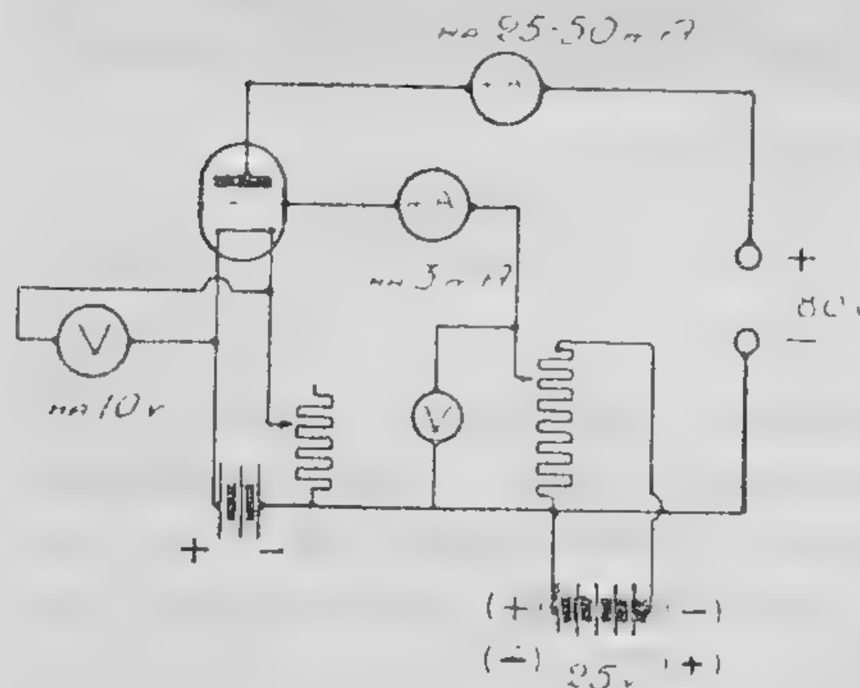


Рис. 36.

2. Цепь анода. Из накаленной нити выделяются электроны и летят на цилиндр-анод, затем движутся по проводникам и батарее

создавая электрический ток, показываемый прибором, включенным последовательно с батареей. Этот ток очень слаб в приемных лампах (до 10 mA) и прибор, применяемый для этой цели, здесь обычно довольно чувствительный миллиамперметр.

3. Ц е п ь с е т к и. Когда сетка получает некоторую разность потенциалов по отношению к отрицательному концу нити, то через пустое пространство между нитью и сеткой идет очень слабый ток, исчисляемый в приемных лампах долями миллиампера. Такой прибор и должен быть включен в эту цепь при исследовании лампы.

Режим, в котором лампа должна работать, создается соответствующим накалом ее нити, затем, подходящим высоким напряжением, т.-е. напряжением, приложенным между нитью и анодом, и иногда некоторым отрицательным или положительным потенциалом сетки.

Закон, по которому изменяется ток анода данной лампы, в зависимости от изменения разности потенциалов, приложенной между нитью и сеткой,—называется х а р а к т е р и с т и к о й л а м п ы. Если построить графическое изображение этого закона, откладывая по горизонтальной оси потенциалы сетки, а по вертикальной соответствующий ток анода, и проделать эти измерения начиная с отрицательных потенциалов, при которых ток анода прекращается, то можно построить характеристику лампы полностью, и из нее получить некоторые постоянные величины, которые покажут, как будет работать лампа в различных условиях (рис. 37). Эти постоянные величины называются параметрами лампы. Главных параметров три: наклон характеристики (S или a), внутреннее сопротивление лампы (ρ) и «коэффициент усиления в вольтах» (см. прил. 6).

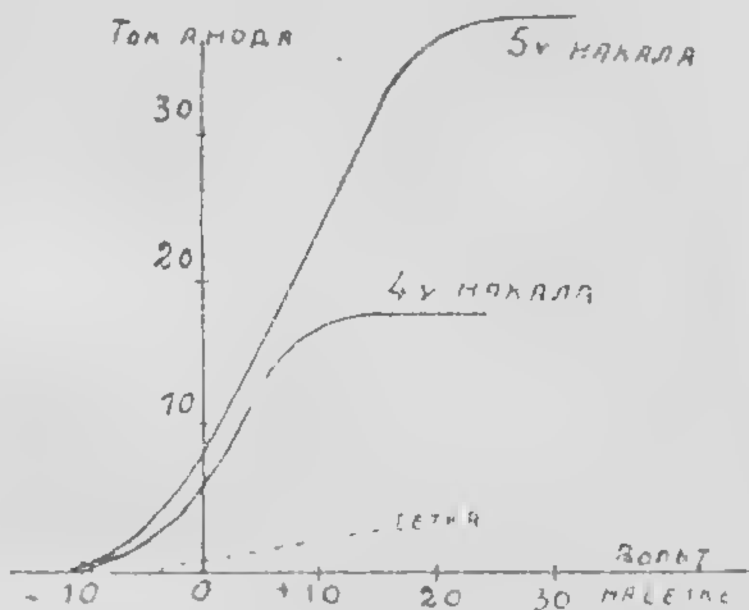


Рис. 37.

Наклон характеристики показывает, на сколько миллиампер изменяется ток анода от изменения потенциала сетки на данное число вольт, и измеряется в миллиамперах на вольт. Так, приемные лампы типа «R5» имеют наклон от 0,45 mA/v до 0,55 mA/v. Большие лампы имеют от 1,5 mA/v и выше.

Рассмотрение характеристики убеждает нас в том, что закон возростания анодного тока в начале и в конце линии не имеет вида простой пропорциональной зависимости, как в середине, где характеристика имеет вид прямой линии. Только в прямолинейной части и можно говорить о постоянном наклоне. В этой части лампа следует закону Ома и может быть рассматриваема как большое сопротивление. Это сопротивление ее называется «внутренним сопротивлением» и может быть вычислено, если разделить анодное напряжение v на силу тока через лампу i-, *при нуле потенциала на сетке*. Это последнее замечание напоминает нам, что хотя изменения анодного тока лампы и следуют в некоторых частях характеристики прямолинейному закону, все же вопрос оказывается несколько сложнее. Если мы пожелаем вычислить внутреннее сопротивление лампы, при некотором потенциале на сетке, но не меняя напряжения батареи анода,—нам придется учесть увеличение тока из-за изменения потенциала сетки. Трех-электродная лампа обладает тем замечательным свойством, что для того, чтобы произвести некоторое увеличение анодного тока, можно увеличить анодный потенциал на некоторую величину v- или же потенциал сетки на величину $\frac{v}{K}$, т.-е. в K раз меньшую. *Величина K называется коэффициентом усиления в вольтах.* Изменяя потенциал сетки на u вольт, мы тем самым меняем потенциал анода на $K \cdot u$ вольт. Таким образом, потенциал анода есть составной из двух частей: того, что задается батареей v, и того, что дает сетка Ku; весь этот потенциал обусловливает ток i через сопротивление лампы ρ.

Отсюда можно написать, что в лампе

$$\rho i = v + Ku$$

Это основное уравнение катодной лампы понадобится нам при всем последующем изложении.

Для ламп французского типа $\rho = 24.000R$ и $K = 8$. Сопротивление между нитью и сеткой зависит, главным образом, только от потенциала сетки, но не следует закону Ома (т.-е. сила тока сетки непропорциональна напряжению на ней) и в среднем около $1 \mu\Omega$ при отрицательно заряженной сетке, а при положительных зарядах на ней,—имеет несколько десятков тысяч омов. Характеристика тока сетки также должна быть снята, т.-е. необходимо построить кривую в двух координатных осях, на горизонтальной отложить потенциалы сетки,

на вертикальной оси откладывают соответствующие значения тока сетки. Характеристика сетки очень важна при исследовании работы ламповых приборов и потому не следует пренебрегать возможностью снять ее.

Трех-электродная лампа, как было высказано выше, может служить в качестве детектора. Для этой цели имеется два способа. Первый из них использует кривизну характеристики тока анода. Рассмотрим детально действие такой системы.

Предположим, что имеется в цепи сетки катодной лампы некоторая дополнительная батарея, которая задаст сетке потенциал $-u_1$, при котором едва появляется ток анода. При появлении колебаний в контуре, помещенном в цепи сетки, между сеткой и нитью создается дополнительная разность потенциалов $+u'$ и $-u'$. Эта разность потенциалов будет складываться с $-u_1$ или вычитаться из нее, так что мы будем иметь в некоторый момент на сетке потенциал $-u_1 + u' = + u''$ и в следующий момент $-u_1 - u_1 = -(u_1 + u') = -u'''$. Как видно на схеме, потенциал $-u'''$ не создаст никакого тока анода в лампе, но потенциал $+u''$ создаст довольно значительный. Мы имеем дело с полным выпрямлением и телефон обнаружит колебания выпрямленных групп колебаний и будет слышен звук (рис. 38).

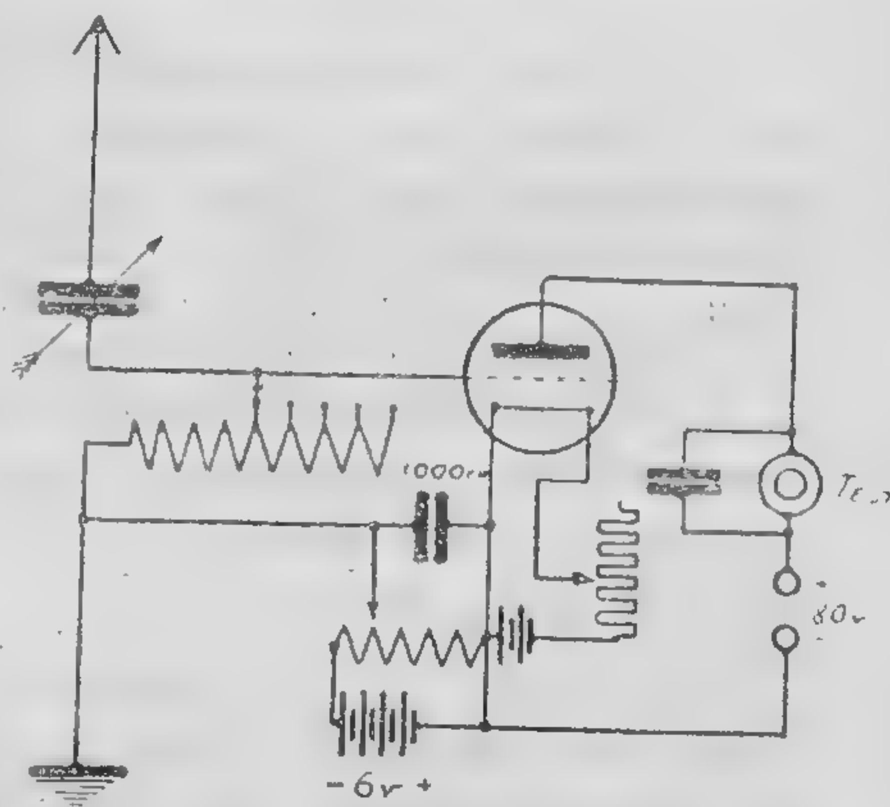


Рис. 38.

Применение этого способа дает хорошие результаты для детектирования в том случае, когда амплитуда $\pm u'$ довольно велика и если характеристика лежит сильно в области положительных потенциалов сетки и тогда небольшим отрицательным потенциалом, например, присоединением контура к минусу накала,—можно сразу получить точку характеристики, где она сильно искривлена и возможно детектирование.

В приемных лампах французского типа это почти всегда не так,—характеристика прямолинейна и расположена симметрично по обе стороны оси ординат. В таком случае для детектирования можно воспользоваться кривизной характеристики тока сетки.

Между сеткой и контуром, в котором развиваются колебания, включим некоторое большое сопротивление и параллельно ему маленький конденсатор, около 45—60 см. Такой конденсатор можно устроить, если взять два станиолевых листочка 2×5 см. и разделить их полоской слюды. Другой конец катушки контура присоединим к положительному полюсу батареи накала. Этот конец нити передаст свой потенциал сетке, но так как включено большое сопротивление r и через всю цепь сетки идет ток i_g, то потенциал, сетки будет не E_g вольт, по отношению к отрицательному концу нити, а $E—r \cdot i_g$. Следовательно, будем иметь

$$v_g = E_g — r \cdot i_g.$$

Как видно из характеристики сетки, одинаковые потенциалы, приложенные к ней от некоторого основного значения, порождают неодинаковые токи. Можно даже соответствующим подбором r получить основной потенциал сетки таким, что при увеличении напряжения на сетке ток сетки появляется и при уменьшении он нуль, т.-е. выбрать начало характеристики сетки за рабочую точку. Тогда всякий положительный потенциал вызовет ток сетки, создаст некоторое падение напряжения на сетке—ri_g и потенциал сетки будет меньше E_g При всяком отрицательном потенциале на сетке, тока сетки не будет, не будет падения ri_g и потенциал сетки останется постоянным, приблизительно равным E_g. Не забудем, что характеристика тока анода, над всей этой частью характеристики сетки,—совершенно прямолинейна. Мы получили, что всякий переменный потенциал сетки фактически будет воспроизведен на сетке, как некоторое изменение на понижение от потенциала E_g до величины $v_g = E_g — i_g r$. То-же будет и с током анода: получается некоторое понижение тока, соответствующее общему эффекту колебания, и телефон звучит.

Большое сопротивление со шунтирующим его маленьким конденсатором называется «grid-leak» или «сопротивлением утечки сетки» и является одним из наиболее распространенных способов получения от лампы детекторного действия (рис. 39).

Ламповый детектор самый надежный и самый удобный из приборов и только он может дать полную уверенность, что прием радиосигналов совершается в надлежащих условиях. Поэтому, применение

детекторной лампы должно быть обязательным для всякого любителя, уже имеющего установку с кристаллическим детектором.

Для того, чтобы перейти от приемника с простым детектором к ламповому, вместо детектора присоединяются два проводника, которые подаются на сетку—нить детектирующей лампы. Детекторное действие лампы осуществляется по одному из описанных способов, самое простое при помощи сопротивления с конденсатором в цепи сетки (рис. 39).

Сопротивление (в 1—2 MΩ) можно изготовить, покрыв тушью полоску бумаги, края которой обертываются станиолем и вся полоска

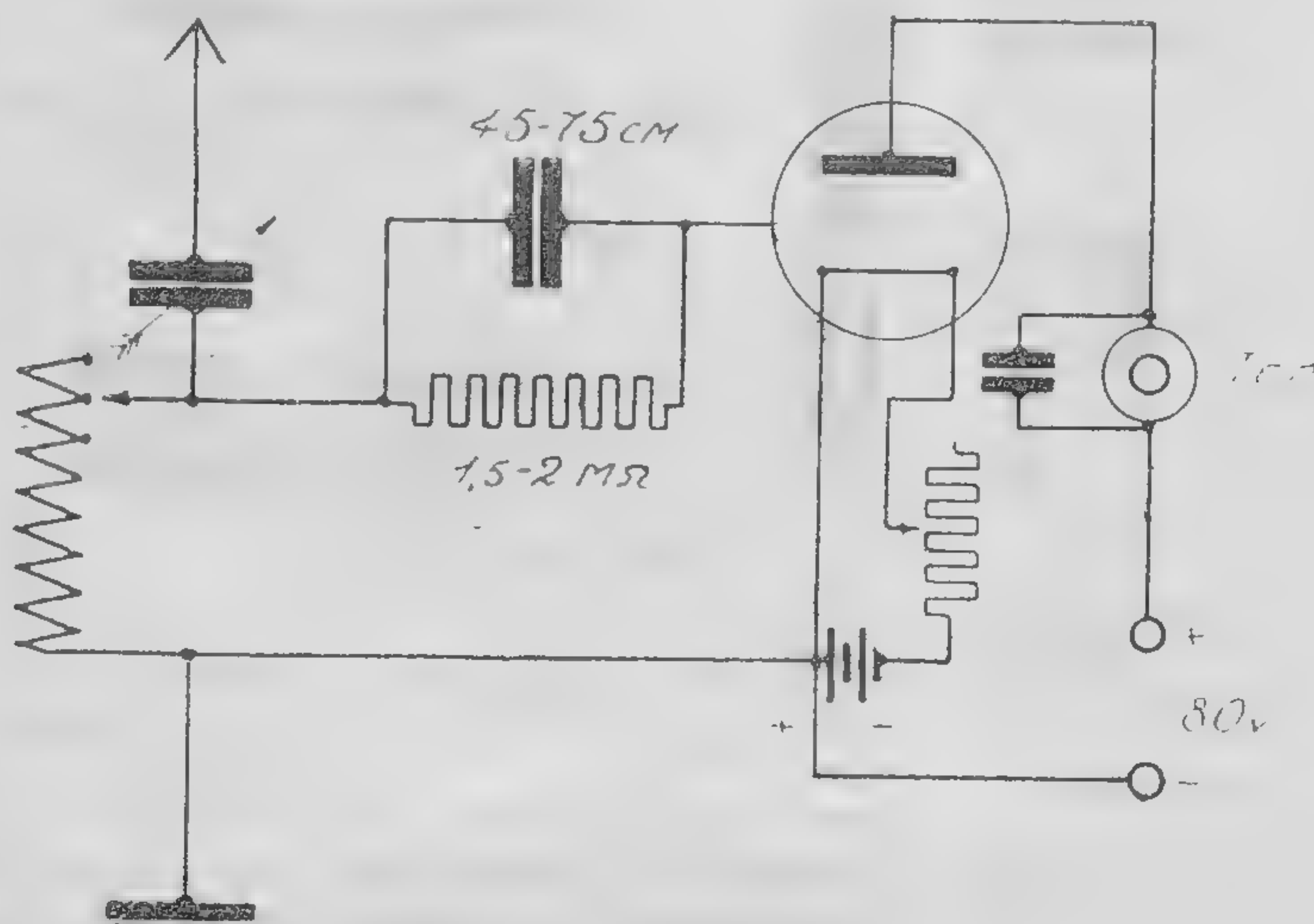


Рис. 39.

навертывается на сухую деревянную палочку. Чтобы затем бумага не развернулась, все сопротивление обматывается изолирующей лентой. На края, завернутые станиолем, накручивают несколько витков очищенной от изоляции проволоки, и эти проволоки служат электродами, к которым присоединяется малый конденсатор (рис. 40).

Телефон включается в анодную цепь и шунтируется блокировочным конденсатором.

Приемник с детекторной лампой представляет собою уже вполне практический и надежный прибор. Для изобретения катодных ламп, при радиотелеграфных переговорах никогда не было уверенности, что в критический момент детектор не расстроится, не пропадет слышимость сигналов и часть депеши не будет потеряна. Поэтому, хотя некоторые кристаллические детектора и несколько чувствительнее лампового детектора (напр., гален), но всегда следует предпочесть лампу, если только имеется возможность ее приобрести. Ниже

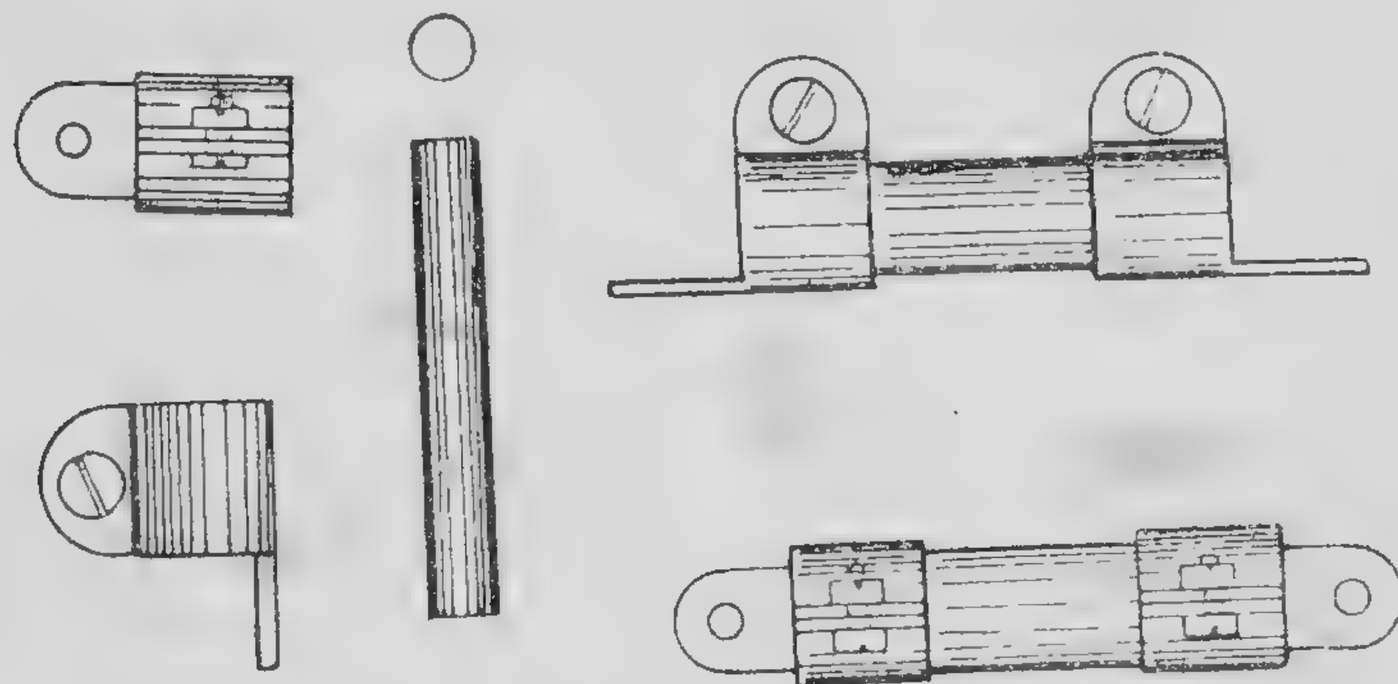


Рис. 40.

описанное, весьма незначительное, дополнительное устройство позволит также и поднять чувствительность такого приемника гораздо выше всех аппаратов с кристаллическим детектором. Это применение, так называемой, «регенерации», — открытия, сделавшего возможным те удивительные рекорды дальнодействия любительских станций, о которых мы упоминали в начале главы.

16. Усиление радиосигналов катодными лампами.

Рассмотренное свойство трех-электродной лампы детектировать колебания высокой частоты, хотя и очень ценное, все-же гораздо менее важно, чем возможность получить без искажения усиление слабых колебаний. В самом деле, если приходящий сигнал, после

выпрямления его детектором в виде переменного тока низкой частоты, будет действовать на сетку катодной лампы, то он будет создавать некоторую переменную разность потенциалов между сеткой и нитью. Тем самым, будет меняться и ток анода и при включении телефона в цепь анода мы услышим в нем усиленный сигнал, сила которого будет зависеть от коэффициента усиления данной лампы. Энергия, которая тратится на то, чтобы изменить существенно ток анода, может

Рис. 41.

быть очень мала и потому при помощи катодного усилителя можно услышать те сигналы, которые до того не были слышны. Усиление должно вестись так, чтобы изменения тока анода были строго пропорциональны приложенным потенциалам к сетке, т.-е. характеристика должна быть прямолинейна. Это условие легко выполняется, задавая сетке и аноду определенные разности потенциалов по отношению к нити.

Самое усиление лучше всего вести при помощи трансформаторов, как напр., указано на схеме (рис. 41).

Сигнал от детектора поступает вместо телефона в первичную обмотку трансформатора. Этот трансформатор должен иметь полное сопротивление, равное сопротивлению детектора, т.-е. примерно около 500 омов, что может быть получено, если первичная намотка намотана на катушку, показанную на рис. 42, и имеет 2.000 витков тонкой проволоки, диаметр которой 0,05 мм., двойной шелковой изоляции. Гакая проволока употребляется для обмотки катушек телефонных индукторных звонков. Вторичная обмотка должна иметь 8.000 витков такой же проволоки и подается на сетку и—накала лампы. Не следует никогда включать вторичную обмотку трансформатора между плюсом накала и сеткой,—это создает излишний ток сетки, трансформатор, будет нагружен и сила сигнала ослабится.

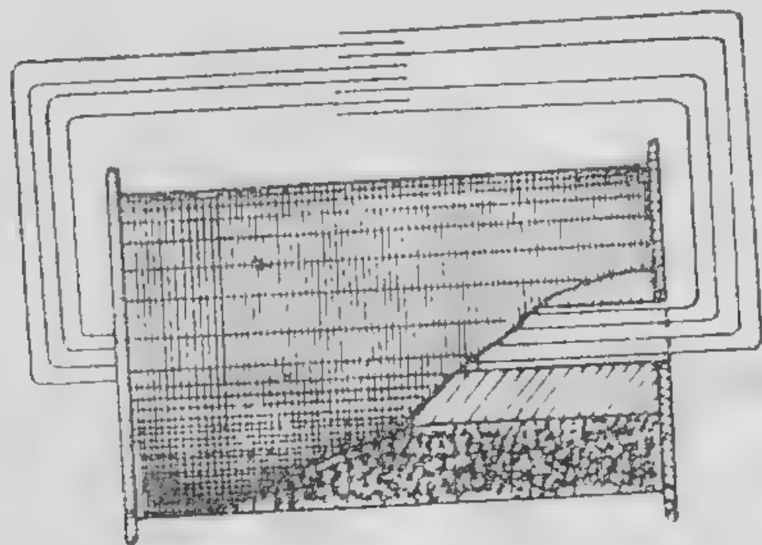


Рис. 42.

В цепь анода включается телефон или непосредственно, или во вторичную обмотку особого трансформатора. Этот трансформатор, называемый «выходным» или телефонным, должен иметь обмотку, присоединенную к телефону, равную ему по сопротивлению, т.-е. в зависимости от системы телефона, следует брать трансформаторы с соответствующей обмоткой. Первичная обмотка, включенная в цепь анода, остается высокого сопротивления и имеет обычно от 8.000 до 10.000 витков.

Если усиление не ограничивается одной лампой, то в цепь анода включается трансформатор, передающий усиленный сигнал на сетку следующей лампы, но можно пользоваться таким же трансформатором, как и входной (2.000 на 8.000). Больше трех ступеней, с трансформаторами, изготовленными самим любителем,—устраивать не стоит.

Очень слабые сигналы должны быть усилены без выпрямления детектором, так как, как показывает теория, детектирование очень слабого сигнала не даст достаточно энергии, чтобы это было удобно для усиления трансформаторной схемой. Для этой цели, колебательный контур приемника включается прямо между сеткой и минусом накала первой лампы. В цепь анода той же лампы включается контур,

который можно настроить на частоту приходящей волны. Тогда в этом контуре развиваются энергичные колебания, которые можно уже выпрямлять детектором и принимать на телефон. Лучше всего детектирование вести не кристаллическим детектором, а лампой и, таким образом, получается схема *усилителя с настроенной анодной цепью*. Такой усилитель обладает высокой чувствительностью и точной настройкой (рис. 43).

Наконец, имеется еще способ усиления колебаний низкой и высокой частоты, при помощи так наэываемого *усилителя с сопротивлениями*. В этом приборе колебательный

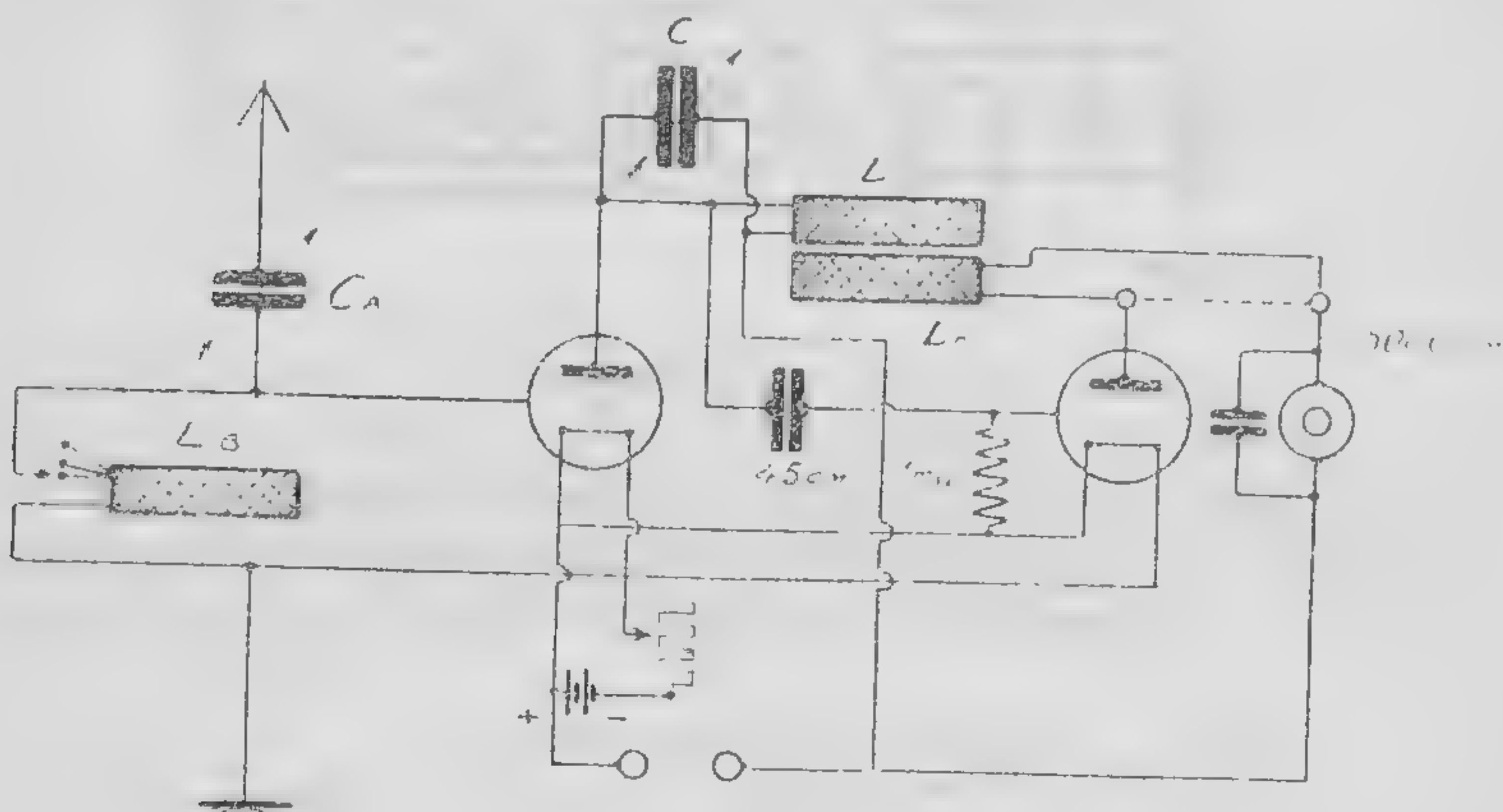


Рис. 43.

контур приемника опять таки подается между сеткой и минусом накала первой лампы. Переменная разность потенциалов, создаваемая приходящими колебаниями между нитью и сеткой, изменяет анодный ток лампы с той же частотой, с какой происходят и сами колебания. Если в цепи анода имеется некоторое внешнее сопротивление r, то на этом сопротивлении произойдет некоторое падение напряжения ri_a. Как только анодный ток станет меняться, так тотчас же станет меняться и разность потенциалов на сопротивлении r. Если теперь эту разность потенциалов передать через маленький конденсатор на сетку следующей лампы, то эта сетка получит переменную разность потенциалов по отношению к нити, равную изменению напряжения на сопротивлении r. В цепь анода

этой лампы можно включить также сопротивление и уже значительно усиленную разность потенциалов ri_a передать на сетку третьей лампы, которая уже будет детектировать и потому в цепь ее включается телефон (рис. 44-a, b, c).

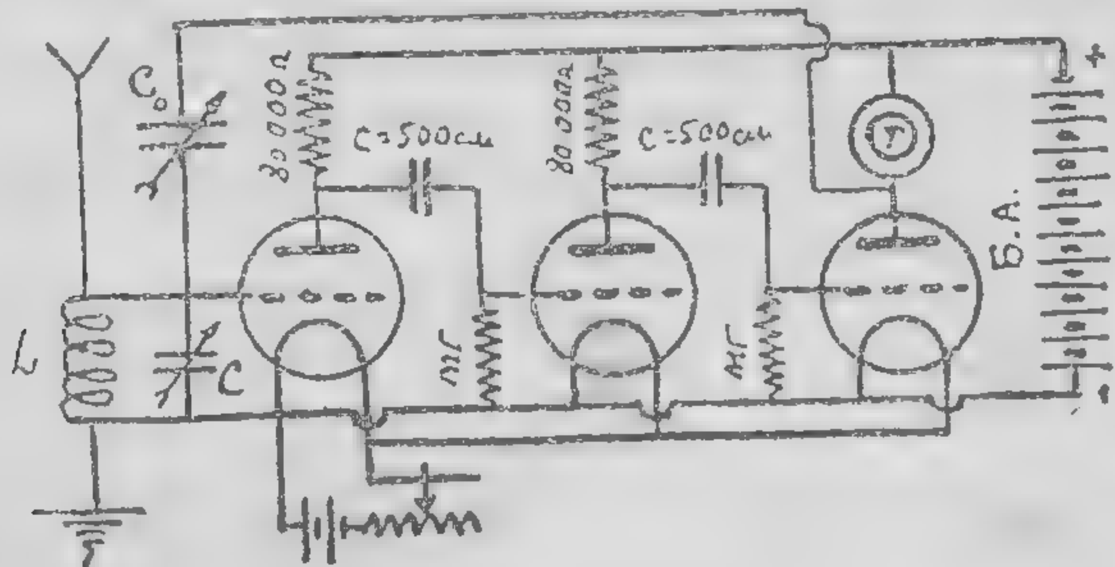


Рис. 44a.

Сопротивления цепей анода для такого усилителя, при приемных лампах R—5, берутся около 80.000Ω и могут быть изготовлены так же, как это было описано для изготовления мегома, но только следует

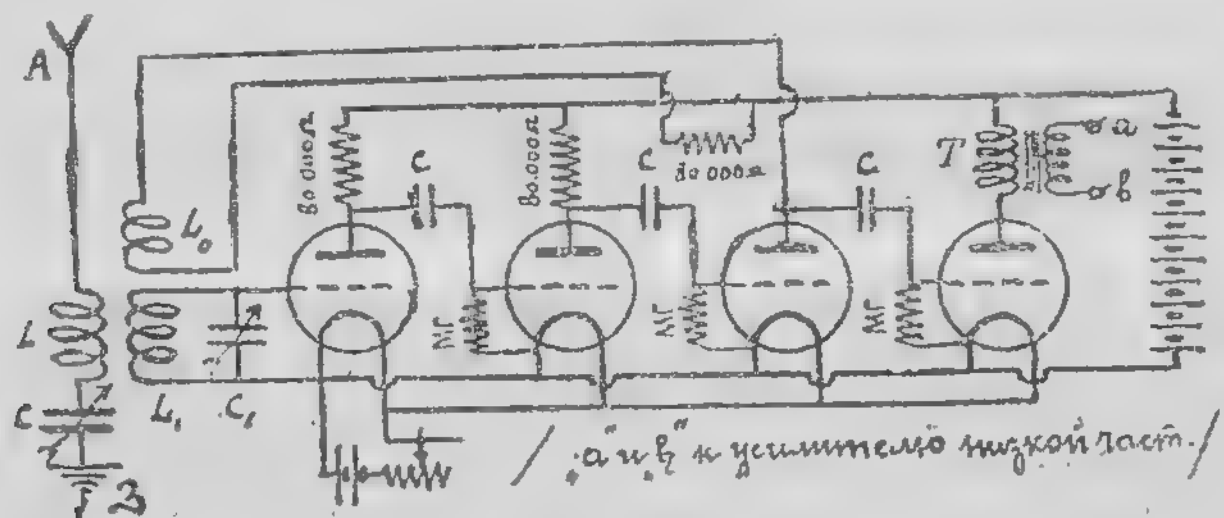


Рис. 44b.

взять значительно более длинную полоску бумаги и, кроме покрытия ее тушью, покрыть ее еще и графитом. Конденсаторы связи между первой и второй лампой приблизительно около 100—150 см.

По такой схеме можно включить ламп шесть. Усилители такого типа очень чувствительны к слабым сигналам, но не дают очень гром-

ких усилений, как например усилитель с трансформаторами, и, самое главное, обладают тем недостатком, что плохо усиливают колебания, соответствующие волнам меньше 700—800 метров.

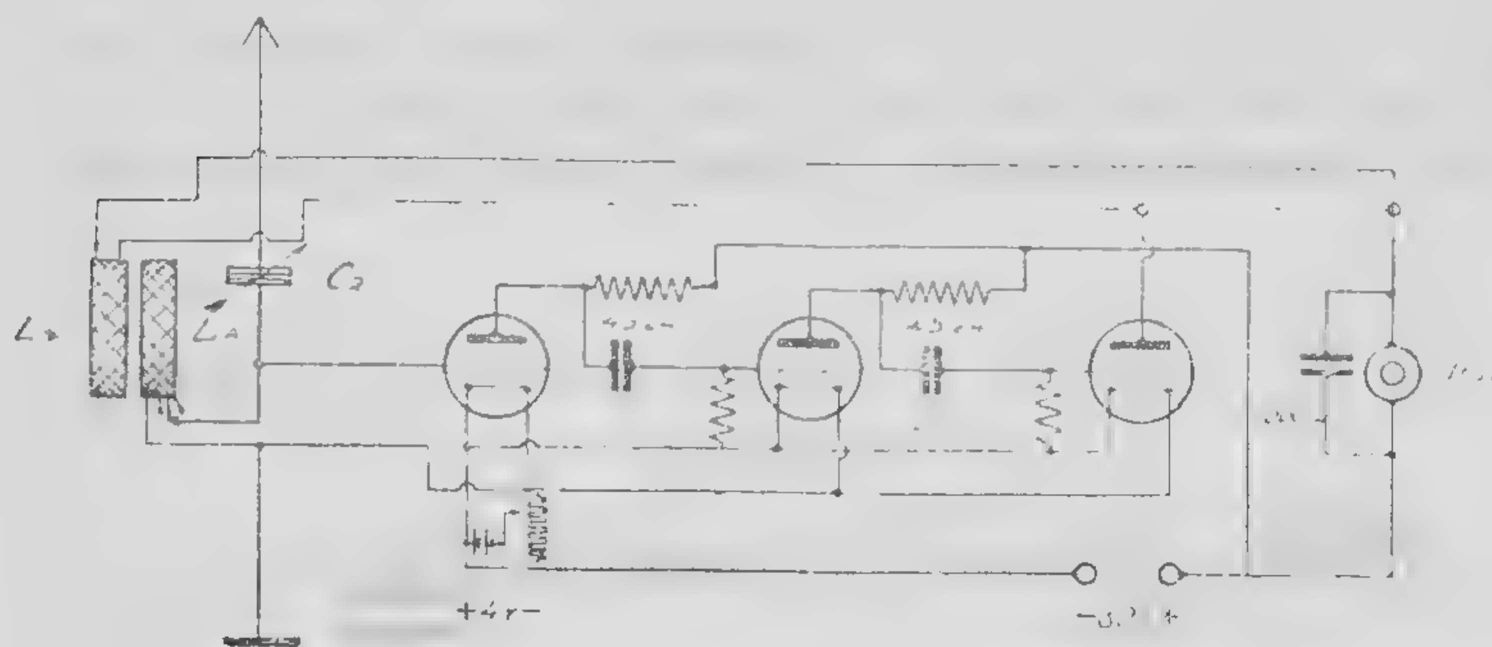


Рис. 44с.

Для приема сравнительно длинных волн такой усилитель очень хорош и действительно может быть изготовлен домашним способом. Но для приема *коротких волн* остается лишь *усилитель с настроенным анодным контуром*, усиливающий к тому же так же хорошо и длинные волны.

17. Регенеративный приемник.

Нам остается еще объяснить наиболее распространенный тип современного приемника—это *регенеративный приемник*.

Под «регенерацией» понимают обратное воздействие усиленных сигналов на цепи, в которых колебания получились первоначально, с целью вызвать дополнительно усиление при помощи ламп произведших уже однажды усиление. Для этой цели в цепь анода детектирующей лампы включается катушка, при помощи которой индуктируют в контуре, включенном в цепь сетки любой из предыдущих ламп, дополнительную электродвижную силу, которая вновь проходит по всем ступеням усиления и так до тех пор, пока не будет использовано усилительное свойство ламп полностью. В этом отношении ламповый детектор представляет совершенно исключительный аппарат, так как в нем, при помощи обратной связи, можно получить усиление сигналов одновременно с детектированием (рис. 45).

Это усиление сигналов очень схоже с тем явлением, которое происходило бы, если бы колебательный контур имел-бы меньшее сопротивление, а потому и амплитуда колебаний в нем возросла бы. Поэтому принято выражаться, хотя это фактически не точно, что при помощи обратной связи мы уменьшаем сопротивление колебательного контура. Если катушку обратной связи наложить очень близко на контур, то лампа начинает генерировать, т.-е. вырабатывать сама незатухающие

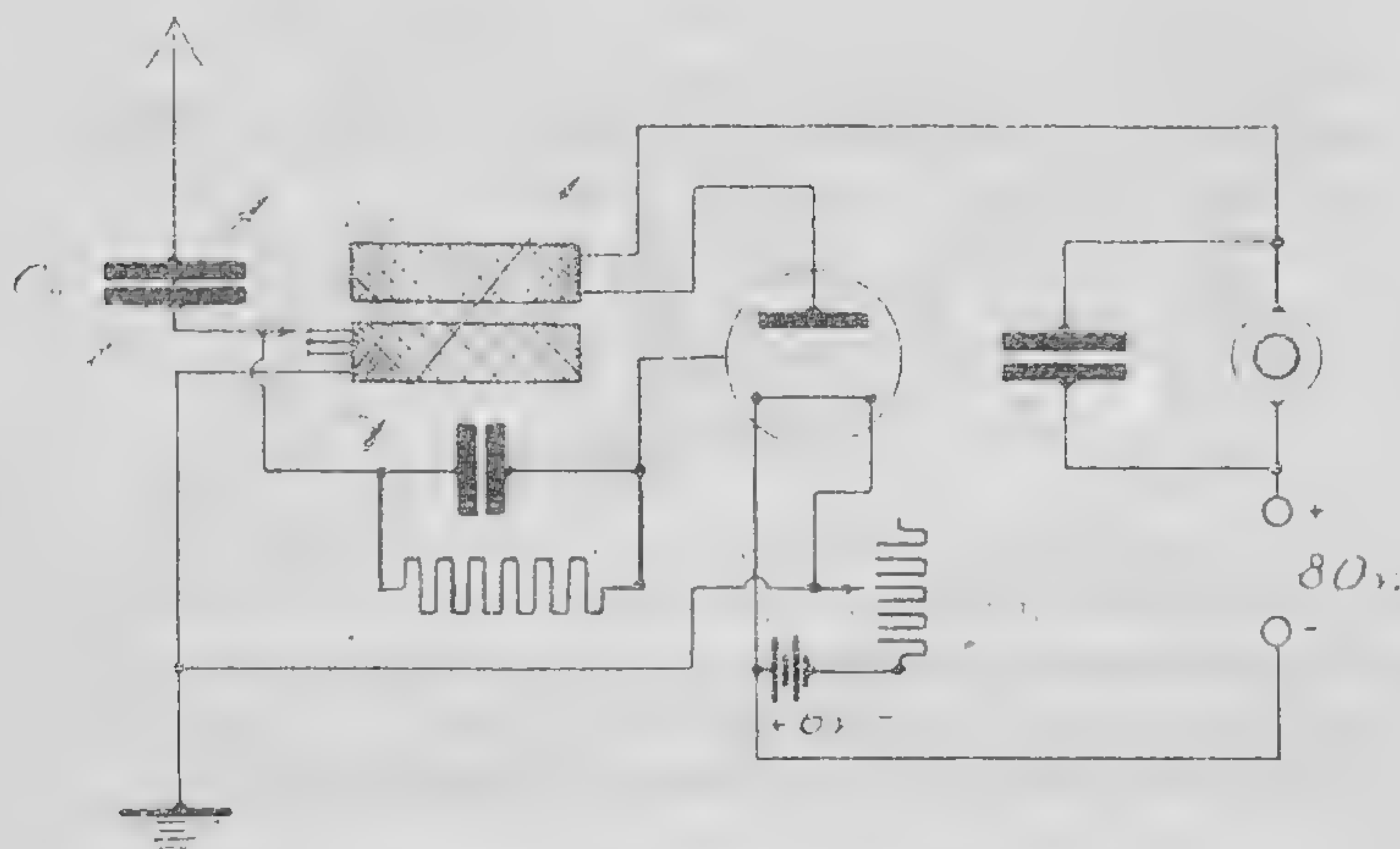


Рис. 45.

колебания. Вполне понятно, почему это происходит. Колебания в анодной цепи всегда сильнее, чем в цепи сетки, а так как эта анодная цепь и действует на цепь своей же сетки, то на первый взгляд казалось бы, что колебания в контуре должны были бы все возростать, Этого, конечно, произойти не может, так как и в анодной цепи выше определенного значения колебания быть не могут. Поэтому в такой лампе устанавливается постоянный режим и она генерирует незатухающие колебания. Если при этом принимается сигнал от станции затухающих колебаний, то по мере того, как приближается катушка анода к катушке сетки, звук сигнала в телефоне усиливается. Как только связь между катушками сделана очень сильной, то лампа начинает генерировать и в телефоне слышен легкий щелчок от резкого изменения тока анода. Тон сигнала искажается и принимает шипя-

щий характер. Это происходит от того, что собственные колебания лампы дают с приходящими колебаниями особые комбинации колебаний, называемые биениями. Так как затухающее колебание приходящего сигнала имеет прерывистый характер, то и эти комбинации колебаний имеют такой же вид, причем все высшие колебания, создающие тембр звука сигнала, также дают свои комбинации. Отсюда и получается шипящий звук сигнала при возникновении генерирований.

Особо важное значение имеет генерирующая детекторная лампа при приеме незатухающих колебаний. Мы говорили в свое время, что незатухающие колебания могут быть получены и излучены си-

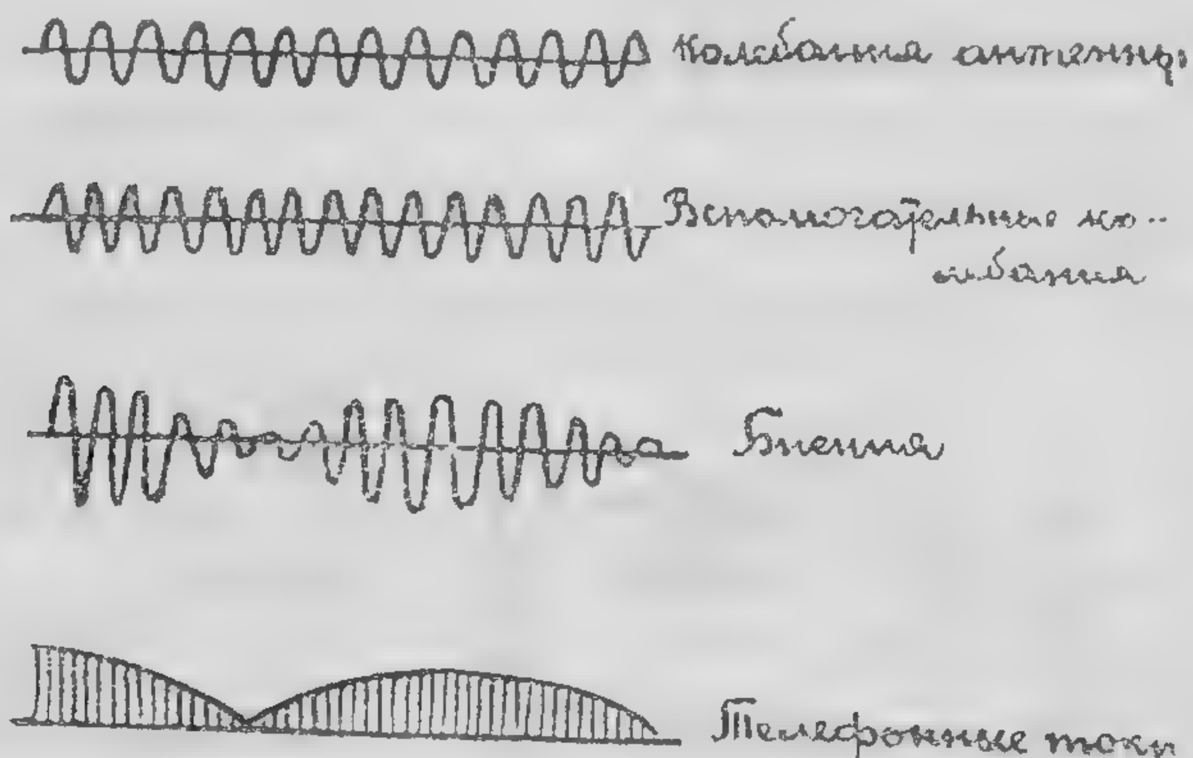


Рис. 46.

стемами, имеющими возбудителями энергии дугу, машину высокой частоты или катодную лампу. Также упоминалось, что излучение незатухающих колебаний имеет абсолютно непрерывный характре, т.-е. при нажиме ключа антенна излучает электромагнитные волны непрерывно в течение всего нажатия. Кроме того упоминалось, что всякий момент, в данной точке, амплитуда изменения электрического и магнитного полей колеблется между определенными пределами. Иначе говоря, меняется от нуля до некоторой определенной величины периодически и не ослабевая. Если выпрямить детектором переменный ток, полученный от такой волны, то получится постоянный ток, непрерывно текущий во все время сигнала. Для того, чтобы сде-

лать его слышимым в телефоне, можно быстро размыкать цепь телефона и тогда, при появлении незатухающего колебания, в телефоне будет слышен прерывистый ток размыканий цепи. Размыкатель этот устраивается на подобие электрического звонка и называется «тиккером». В наше время, тиккер уже не употребляется, а применяется способ наложения дополнительных колебаний (рис. 46).

Представим себе, что имеем некоторое электрическое колебание с частотой 100.000 периодов в секунду (λ=3.000 м.) и в том же контуре мы индуктируем колебания с частотой 100.500 периодов в секунду. Два эти колебания создадут некоторое общее комбинированное колебание, которое называется биениями двух составных колебаний, и эти биения нарастают до максимума 100.500—100.000=500 раз в секунду. Амплитуда биения будет равна сумме амплитуд колебаний, т.-е. a+b, но останется неизменной часть биения a—b, так что самый большой подъем тока будет 2b. Налагая на приходящее незатухающее колебание второе незатухающее колебание, местное,—мы тем самым создаем биения любой частоты=(n_1—n_2) и получаем амплитуду колебания вдвое большую, чем меньшее, из участвующих в процессе колебание. После выпрямления мы услышим звук, который может быть получен любой высоты, а сигнал, кроме того, будет усилен. Генерирующая детекторная лампа совершает сразу оба эти процесса: благодаря сильной связи, она генерирует с частотой, которую легко сделать такой, что она даст биения звуковой частоты с приходящими колебаниями, а кроме того она детектирует эти биения и получится звук, соответствующий частоте этих биений.

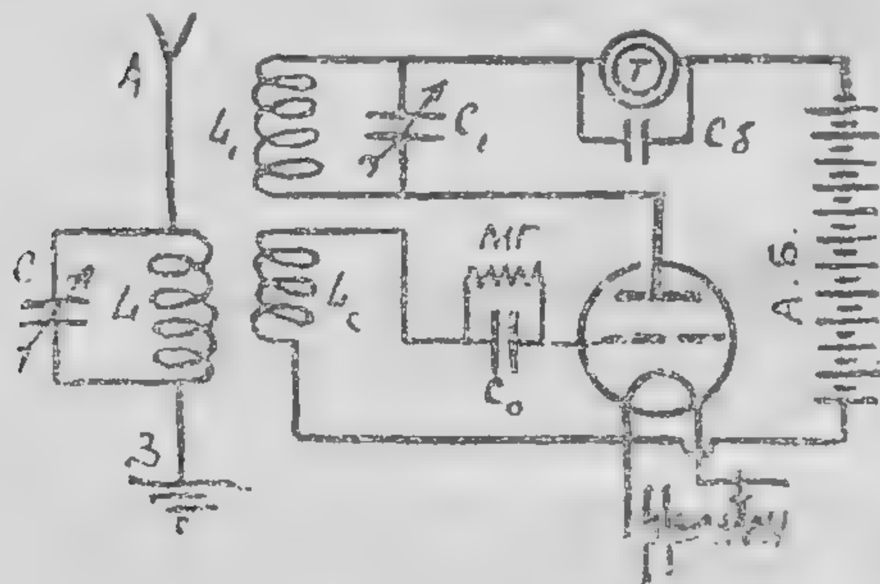


Рис. 47.

Как видно из самого принципа приема колебаний с генерированием, для того, чтобы получить звуковую частоту, генерирующий приемный контур должен быть немного (в данном случае на 0,5%) расстроен по отношению к приходящей волне. Поэтому амплитуда колебаний от сигнала несколько понизится и это сказывается тем сильнее, чем длиннее волна. Так, для получения биений с частотой 500

на волне длиной 10.000 м. (частота=30.000), нужно настроить приемный контур на волну 9.840 м., что, конечно, сильно понизит силу приема. Поэтому длинные волны не принимают с авто-регенерацией, но настраивают приемный контур с детекторной лампой точно на приходящую волну, а вблизи приемного контура помещается лампа с регенерацией и контуром, генерирующая на волну 9.840 м. Благодаря индукции, в приемной цепи возникают биения и в телефоне слышен звук. Такой способ приема незатухающих колебаний называется «приемом с отдельным гетеродином». В виду того, что принимаемые волны могут быть различной длины, отдельно генерирующая лампа снабжается контуром на тот же диапазон, что и приемник, и получает название «гетеродина или генератора незатухающих колебаний» (рис. 48). Амплитуда колебаний, вырабатываемых таким генератором, конечно, невелика, но она вполне достаточна, чтобы создать биение и обеспечить прием. Прием длинных волн с одной лампой может быть осуществлен только по схеме рис. 47, где регенеративная катушка настраивается на частоту дающую звуковые биения.

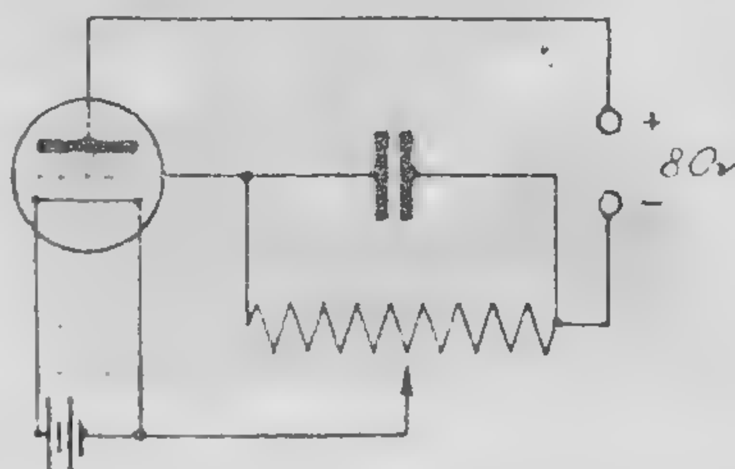


Рис. 48.

К сожалению, следует заметить, что как гетеродин, так и генерирующая детекторная лампа производят колебания даже слишком большой амплитуды и потому приемная антенна излучает в пространство незатухающие колебания, как передатчик. Явление это очень вредного характера, так как чрезвычайно мешает соседям по приему. Для уничтожения этого явления было предложено много схем регенеративных приемников, но надо сознаться, что ни одна из них не достигает цели. В Америке производились опыты с определением расстояния, на которое распространяются колебания от излучения приемных станций, и было найдено, что примерно на 20 километров одна приемная станция может мешать приему другой. Из этого следует, что регенерацией никогда не следует злоупотреблять, особенно если регенеративная катушка действует на антенну.

Осуществление регенеративного приемника привело к изобретению особого способа намотки катушек самоиндукции, при котором катушки получаются весьма небольшие по размерам и очень

удобные для того, чтобы их можно было перемещать одну по отношению к другой. Регенеративное воздействие совершается очень тщательным подбором связи между катушками и потому их прикрепляют к некоторым шарнирам, на которых катушки могли бы плавно пододвигаться одна к другой и оставаться в подвинутом состоянии не смещаясь. Устройство такого шарнира есть одна из важнейших задач при изготовлении регенераторного приемника и потому на это следует обратить особое внимание (рис. 49).

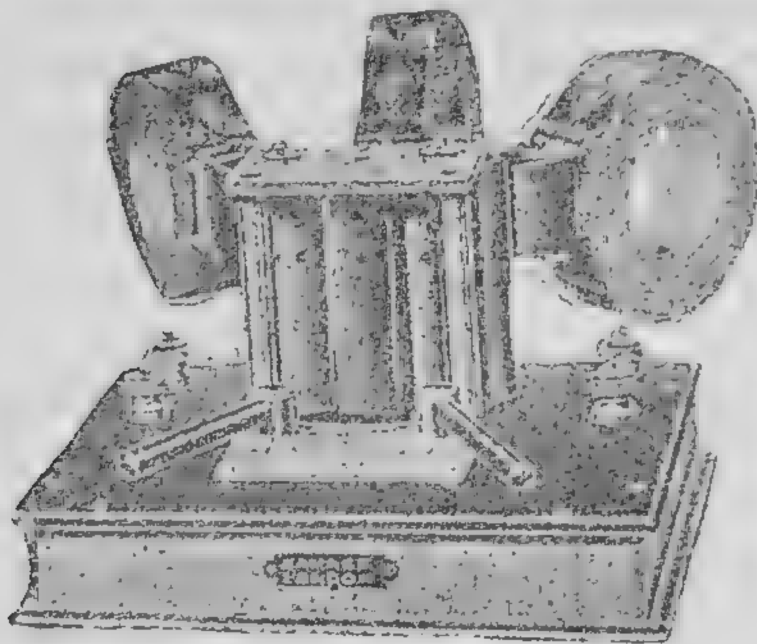


Рис 49.

Намотка катушек указанным ниже способом преследует еще цель сделать катушку обладающей небольшой собственной емкостью. Это последнее свойство особенно важно при приеме коротких (от 200 до 700 м.) и очень коротких волн (до 200 м.). Собственная емкость

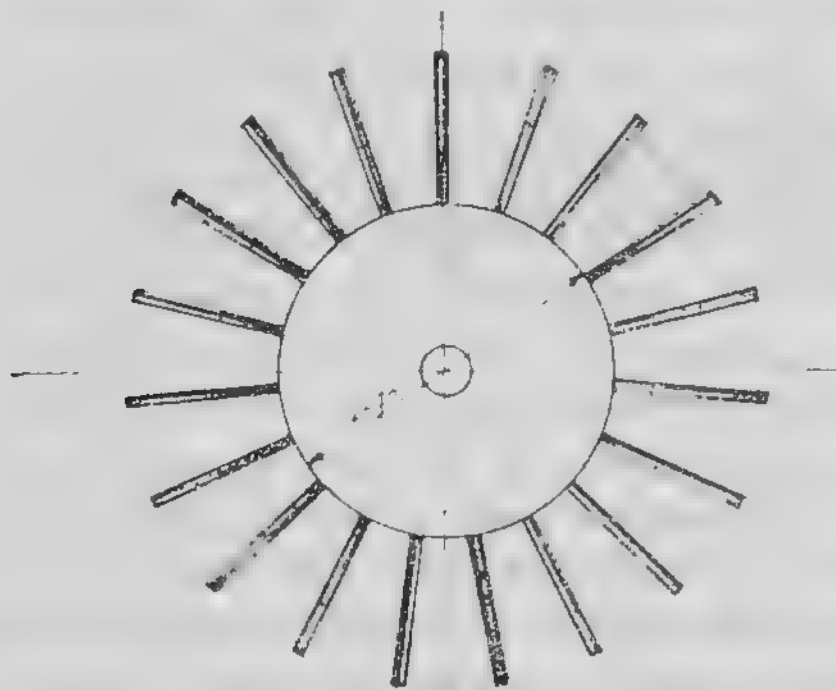


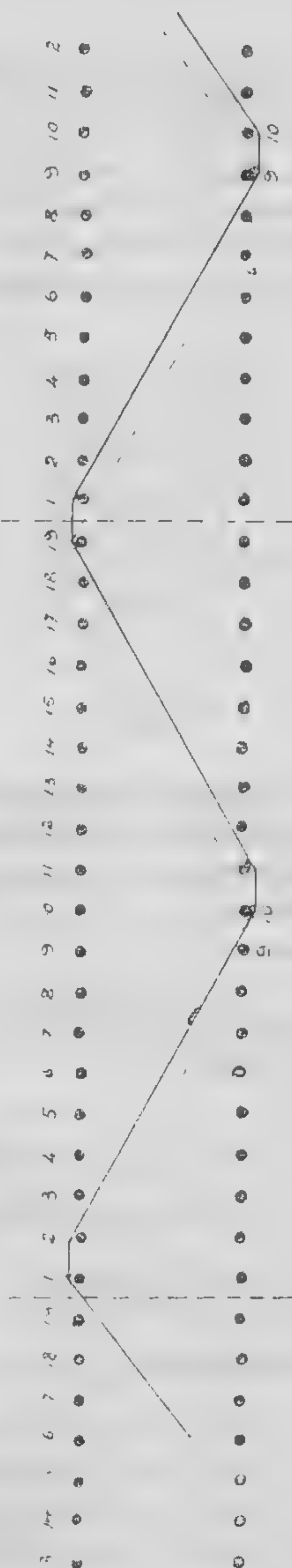


Рис. 50.

катушки увеличивает затухание контура и уменьшает амплитуду колебания в нем, а также может явиться чем то вроде шунта на самоиндукции, который усложнит явления.

Два типа катушек получили наиболее широкое распространение в современной практике приемников. Это — сотовая намотка (Honey — comb) и корзиночная намотка (basket-coil). Сотовые катушки наматываются на особых станках со спицами, как это показано на рис. 50. Проводник переходит с одного края катушки на другой каждые свои пол-оборота, а когда оборот замыкается, то отступает на некоторую долю окружности. Для этого число спиц должно быть нечетным. Станок, показанный на рисунке имеет 19 спиц. Обмотка начинается со спицы № 1 и виток переходит на другую сторону на спицу № 10 и возвращается на спицу № 19 на прежнюю сторону; затем идет на спицу № 9 противоположной стороны и возвращается на спицу № 18. (рис. 51). Далее обмотка продолжается автоматически, соблюдая параллельность оборотов. Каждый законченный слой представляет собою красивое цилиндрическое плетение, которое распадается, если не будет закреплено каким-либо лаком. Для этого, после окончания каждого слоя следует склеивать витки один на другом раствором шеллака в спирту. Когда катушка закончена, то прежде чем вынимать спицы и снимать ее со станка надо дать хорошо высохнуть склеенным частям ее. Снятая катушка погружается в очень жидкий раствор шеллака, чтобы все слои пропитались скрепляющим лаком, затем ее вынимают, дают обтечь лишнему раствору и высушивают в теплом месте.

Для расчета катушек такого типа не существует удовлетворительных формул и потому для изготовления их лучше всего пользоваться графиком, составленным Н. А. Петровым у меня в лаборатории, для катушек на 19 спиц и 80 мм. во внутреннем диаметре.



По горизонтальной оси отложено число слоев, а по вертикальной— получающаяся при этом самоиндукция катушки. (Таблица II)

Другая, весьма распространенная, форма намотки,—это так называемая «корзиночная»—basket-coil. Катушки, намотанные этим способом, действительно имеют вид дна плетеной из прутьев корзины и очень легко изготовляются из имеющихся под рукой материалов.

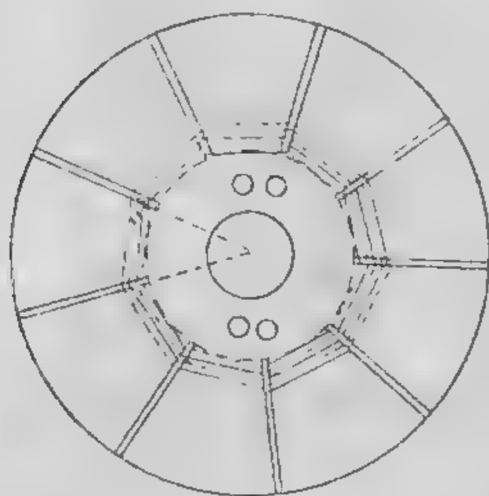


Рис. 52.

Для этого из тонкого картона вырезают кружок приблизительно 80—100 мм. диаметром и разделяют его радиусами на нечетное число секторов, напр., на 9 или 11. Затем по этим радиусам к центру прорезают щели 1—2 мм. шириной, оставляя в центре часть картона диаметром около 30—35 мм. Получается нечто вроде звезды с 9 или 11 лучами. Проводник закладывается в щель, обходя каждый сектор с разной стороны, как указано на рисунке 52.

Катушки корзиночного типа обладают небольшим коэффициентом самоиндукции и пригодны лишь для коротких волн. В этом смысле они обладают большими преимуществами, так как позволяют расположить витки очень свободно и уменьшить до минимума собственную емкость.

Вычисление числа витков для получения катушки с заданным коэффициентом самоиндукции можно вести по приблизительной формуле

$$L = 0{,}02 \cdot n^2 R$$

где R средний радиус катушки. Средним диаметром называют величину, равную $D_1 = \frac{D + d}{2}$, где D—наружный диаметр намотки, d внутренний, и тогда $R = \frac{D_1}{2}$.

Формула эта дает ошибку от 10 до 15% и может служить лишь для приближенных расчетов.

Для настройки цепей регенеративного приемника, как видно из схем, употребляются или конденсаторы переменной емкости, или вариометры. Вариометром называется система двух соединенных

между собою катушек самоиндукции, расположенных одна по отношению к другой так, чтобы перемещая их можно было бы получить любой коэффициент самоиндукции в некоторых пределах. Это очень просто осуществляется простым наложением или взаимным приближением двух плоских катушек, соединенных последовательно. Такой вариометр может во многих случаях заменить переменный конденсатор в контуре, конденсатор же может быть поставлен постоянный. Чтобы покрыть определенный диапазон, можно еще добавить катушку самоиндукции с несколькими выводами, при помощи которых можно менять самоиндукцию контура скачками, вариометр же будет служить для более точной подстройки (рис. 53).

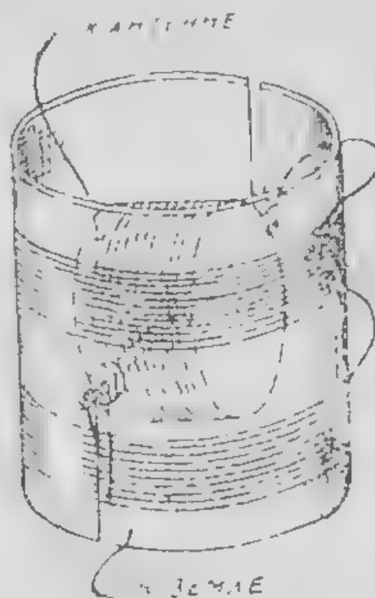


Рис. 53.

В работе регенеративного приемника важно держать постоянным режим ламп и потому накал их следует вести через некоторый реостат для регулировки силы тока питающего накал. Такой реостат может быть устроен, намотав спиралью на круглую деревянную палочку некоторое количество манганиновой, реотановой или железной проволоки. По намотанной проволоке скользит пружинящий контакт. Следует наблюдать, чтобы этот контакт прижимался твердо и не ослабевал от перемещения по спирали (рис. 54).

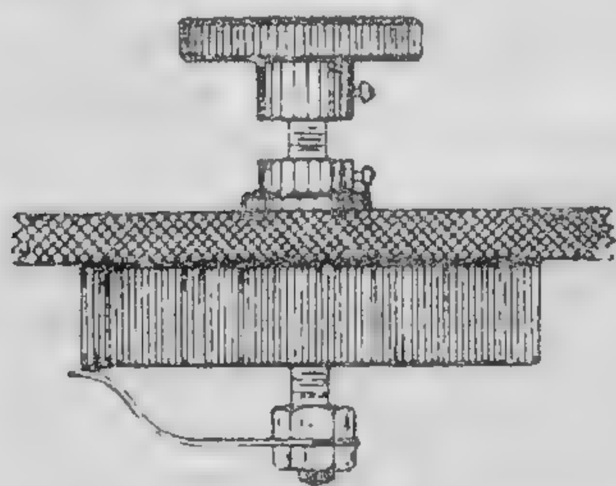


Рис. 54.

Регенеративные приемники, принятые в эксплоатации, имеют всегда несколько настроенных контуров, особые приспособления для повышения остроты настройки, и иногда несколько реостатов накала, и потому управление ими требует большого внимания. Поэтому к работе с таким приемником следует подходить, когда уже имеется вообще опыт обращения с ламповыми простыми схемами, так как иначе пройдет много времени и потребуется много усилий для получения сколько-нибудь серьезных результатов.

Прием на рамку.

В общей части нашей книги мы говорили о возможности уловления электромагнитных волн не только антенной, но и особой большой катушкой, намотанной на специальную деревянную раму. Этот способ приема радиосигналов называется «приемом на рамку». Рамка обладает весьма большим преимуществом приема перед антенной, именно тем, что принимает волны, приходящие только в одном направлении. Поэтому пользуясь ею, гораздо легче освобождаться от мешающих действий, но, с другой стороны, сила приемного тока в рамке очень мала и приходится применять специальные приемники. Мы опишем здесь устройство рамки и приемника, при помощи которых можно хорошо слышать московский телефон на расстоянии до 500 верст, а на маленькую антенну (10—15 метров) будут обеспечен прием на весьма большие расстояния.

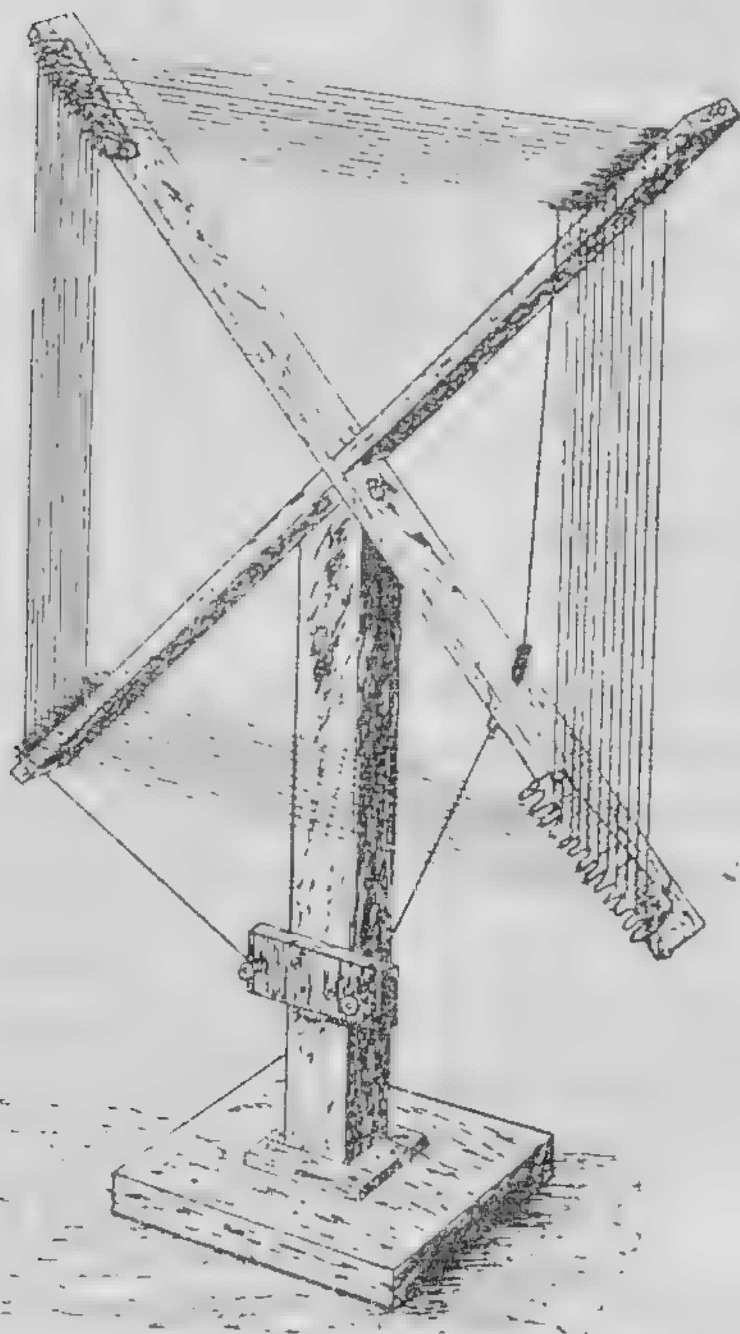


Рис. 55.

Рамка состоит из деревянной крестовины на подставке, размеры и общий вид показаны на рис. 55. Длину крестовины лучше всего взять 150—200 см., дерево должно быть сухое, чтобы оно потом не коробилось. По концам привинчиваются куски эбонита, пропиленные в виде гребенок, расстояние между зубцами указано в таблице. В щели, пропиленные в эбоните, натягивается проводник, изолированный или неизолированный,—безразлично. Проводник должен быть туго натянут и концы его закрепляются на эбонитовой колодке

в зажимах. Для наилучших условий приема рамка должна обладать определенным числом витков, так чтобы с некоторым переменным конденсатором было возможно получить настройку на все волны в данном диапазоне.

Сторона рамки 150 см.

Число витков	Расстояние между витками.	Диапазон.	Конденсатор.	Действующая высота при волне.
4	1,25 см.	380—650 м.	300 см. до 1.500 см.	14 см. при $\lambda =$ 400 м.
8	1,25 »	400—950 »	300 » » 1.500 »	14 » » $\lambda =$ 800 »
16	1,25 »	675—2.300 »	300 » » 1.500 »	14 » » $\lambda =$ 1.600 »
32	1,25 »	960—3.400 »	300 » » 1.500 »	14 » » $\lambda =$ 3.200 »

Для получения более длинных волн, в рамку включается катушка, но такое удлинение вредно отзывается на силе приема, так как значительно было бы лучше, если бы вместо этого намотать больше витков на крестовину больших размеров.

Чем больше размеры рамки, тем сильнее прием на нее, и всякая рамка эквивалентна некоторой антенне, действующая высота которой h равна

$$h = 2\pi \frac{nS'}{\lambda}$$

где n—число витков рамки, S—площадь рамки в кв. метрах, λ—длина в метрах, π—3,142.

Из этой формулы ясно, что рамка принимает с различной силой сигналы, идущие на разных волнах, хотя бы и от станций одинаковой мощности, так как ее действующая высота меняется.

С другой стороны, действующая высота может остаться той же, несмотря на то, что увеличивается число витков рамки, если при этом вся система настраивается на более длинные волны. Такой случай показан в нашей таблице. Для сравнения рамок по их качеству, вычисляют некоторую величину a, которая больше у рамок с наилучшей приемной способностью. Формула для a дана Арманьа (Armagnat) и имеет вид

$$a = \frac{n \cdot S \cdot L}{\lambda^2 \cdot R}$$

Обозначения в ней те-же, что и в предыдущей формуле, и L есть коэффициент самоиндукции рамки.



Из таблицы видно, что действующая высота рамки в данном случае равна 14 сантиметрам. Так как самая небольшая антенна имеет уже высоту 8—10 метров, то можно заключить, что в отношении силы приема антенна всегда выгоднее рамки. Но рамка позволяет определить направление, по которому идут волны, и в этом ее особые преимущества, относительная же слабость сигнала компенсируется более сильными усилителями, которые усиливают амплитуду сигнала сначала несколько раз по высокой частоте (без выпрямления), а затем уже, после выпрямления, по низкой частоте.

Удобный усилитель такого типа может быть устроен по схеме с настроенным анодом и регенерацией на рамку (рис. 56). Для этой цели в цепь рамки включается катушка, на которую действуют усиленные уже сигналы, после детектирования.

Самое усиление протекает следующим путем. Небольшая разность потенциалов, появляющаяся на зажимах конденсатора, присоединенных к сетке — нити первой лампы, создает пульсирующий анодный ток, который возбуждает значительную разность потенциалов на обкладках конденсатора анодного контура.

Этот контур расчитывается, как обычно на самоиндукции и емкости на абаке фиг. 20. Для различных диапазонов следует взять отдельные катушки, снабженные штепселями, так что при приеме станции в желаемом диапазоне подбирается соответствующая катушка.

Через постоянный конденсатор в 45 см. переменная разность потенциалов подается на сетку—нить второй лампы, выпрямляется и оставаясь в высокой частоте, а при помощи катушки L_3 индуктирует в рамке дополнительную электродвижущую силу, которая опять усиливается первой лампой. Общий импульс сигнала воспринимается трансформатором T_2, передающим на сетку третьей лампы переменную электродвижущую силу низкой частоты. Четвертая лампа усиливает также по низкой частоте.

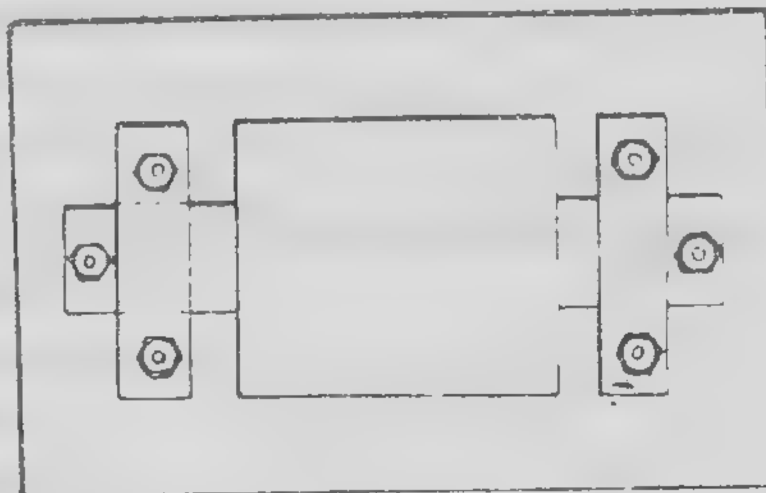




Рис. 57.

Все электрические данные указаны на схеме. Для приема волн порядка 1.600 — 1.400 м. (Чельмсфорд — Москва - Коминтерн) необходимы будут катушки сотовой намотки в 8 слоев (контурная и регенеративная); катушка, включенная в рамку, должна быть невелика, например, слоя четыре. Намотка катушек производится на станке в 19 спиц внутренний диаметр катушки 80 мм. Конденсатор в 45 см. устраивается из двух листков станиоля—4,5×2 см., разделенных пластинкой тонкой слюды. Конденсатор в 900 см. состоит из 16 пластинок подобных же размеров (рис. 57).

Общие замечания и вспомогательные приборы.

Любитель, который желает получить серьезные результаты от своей работы, должен самым детальным образом разбираться в действии радиоприборов. Приемники и усилители следует изготовлять, начиная с самых простых и прибавляя затем лишь один новый неизвест-

ный элемент. Переменные конденсаторы и вариометры должны быть снабжены дисками с делениями, а самые приборы должны быть отградуированы, т.-е. снабжены таблицами, показывающими, какое положение рукояток соответствует данной настройке. Кроме того, всякая приемная станция, преследующая цели более научного характера (например, рекорды приема дальних станций), должна быть снабжена *прибором для измерения длины волны*. Такой прибор называется *волномером* и представляет собою отградуированный замкнутый контур из некоторой точно определенной катушки самоиндукции и переменного конденсатора. В лабораториях обычно градуируют волномеры на незатухающих колебаниях и при этом каждому волномеру дают не только график длин волн в зависимости от величины конденсатора контура, но и сведения о декременте затухания для каждой из смежных катушек волномера. Устройство переменного конденсатора, хотя и доступно любителю, но очень дорого, и вполне вероятно, что изготовив такой конденсатор любитель предпочтет вставить его в схему приема, где он может быть совершенно необходим. Можно обойтись и без переменного конденсатора в волномере, заменив его несколькими постоянными с переключателем и применяя для плавного изменения волны переменную самоиндукцию, т.-е. вариометры. Такой волномер с вариометром описан в английской литературе, откуда мы и заимствуем его данные.

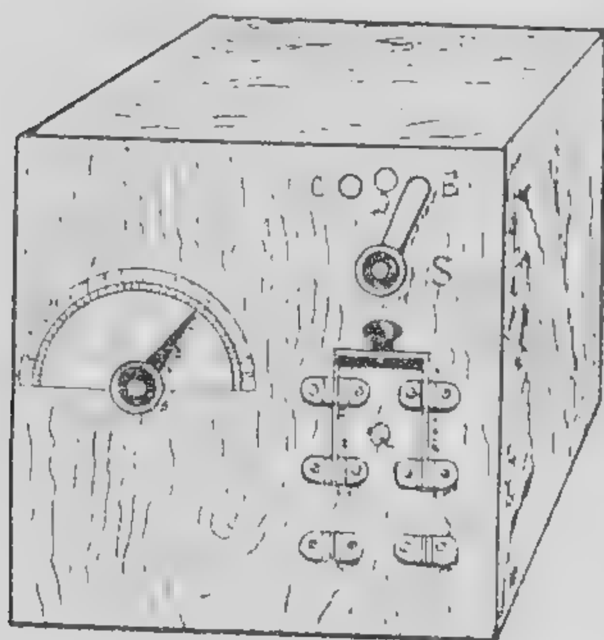


Рис. 58.

Весь прибор заключается в деревянном ящике размерами 21×17×13 см. и общий вид его показан на рис. 58. В нем помещены три постоянных конденсатора, которые можно включать поочередно выключателем s, вариометр с указателем по разделенному на градусы полу-диску и переключатель Q, дающий возможность соединять катушки вариометра параллельно и последовательно. Вариометр показан отдельно на рис. 60 и состоит из двух вращающихся одна в другой деревянных рамок, размерами: внешняя 70×100×120 мм., и внутренняя 45×80×75 мм. Внешняя рамка обвита 70-ью витками

изолированной шелком проволоки, диаметром 0,15 мм., внутренняя рамка обматывается 90 витками такой же или более тонкой проволоки, напр., диаметром 0,1 мм. Обмотка делается из двух частей, как это указано на рис. 60, чтобы иметь возможность пропустить ось, на которой вращается подвижная катушка. Ось изготовлена из деревянной палочки длиною около 140 мм. Один конец оси выходит из подвижной катушки и закрепляется на ней. Выступающие части служат осями вращения подвижной катушки в неподвижной.

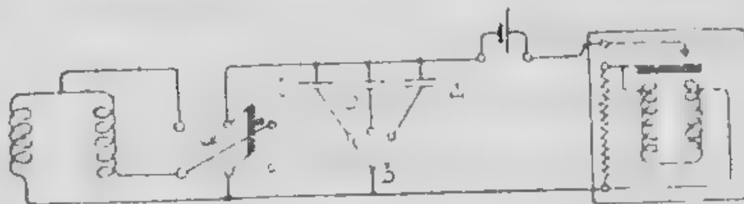


Рис. 59.

Три конденсатора C, D и E показаны на схеме прибора, рис. 59) и устраиваются следующим образом. Для конденсатора C берут стеклянную пластинку размерамт 50×110 мм., на которую наклеены шеллачным лаком с каждой стороны по станиолевой пластинке размерами 40×100 мм. Для конденсатора D необходимо уже десять таких пластинок, а конденсатор E делается слюдяной, приблизительно из 50 пластинок 30×70 мм. Размеры конденсаторов трудно фиксировать, так как емкость их может сильно измениться от иной диэлектрической постоянной. Но они должны иметь: C = 0,0003 µF (270 см.), D = 0,003 µF (2.700 см.), E = 0,04 µF (3.600 см.).

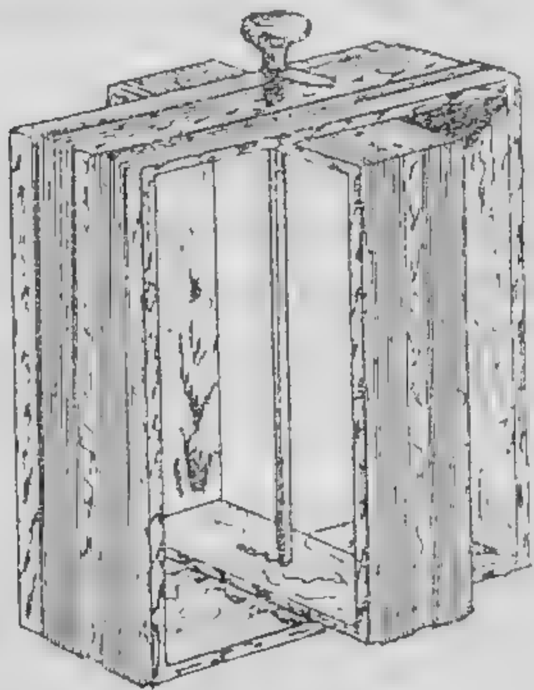


Рис. 60.

Построенный таким образом контур может быть настроен на любую волну от 300 м. до 9.000 м. Чтобы им пользоваться, в нем необходимо возбудить колебания, для чего можно воспользоваться старым электрическим звонком, сняв с него колокольчик и молоточек. Когда ток от элемента через волномер и переделанный звонок («зуммер» или «пищик») замкнут, то якорь его вибрирует и маленькая искра под прерывателем возбуждает затухающие колебания в волномере, которые могут быть обнаружены радиотелеграфным приемником, если поднести волномер к нему на растояние полу-метра и на-

строить приемник на волну, возбужденную в волномере. Это и н а з ы в а е т с я н а с т р о и т ь п р и е м н и к п о в о л н о м е р у.

Чтобы смерить принимаемую волну, опять-таки возбуждают волномер зуммером и, вращая вариометр, находят положение, при котором слышен наиболее громкий звук в приемнике. Это момент резонанса, т.-е. период колебаний волномера равен периоду колебаний приемника.

Ясно, что волномер должен быть отградуирован. Для этой цели лучше всего воспользоваться эталонным волномером, который служит отправителем, а наш волномер—приемником. Для этого эталон возбуждается зуммером, а вместо зуммера на нашем волномере присоединяются детектор и телефон. Но если такого эталона нет, то построив приемную радиостанцию, надо постараться принять с полной достоверностью ряд станций, волны которых очень точно известны. Тогда оставляя приемное устройство на замеченных ранее положениях, возбуждают колебания в волномере и изменяя его настройку, находят положение соответствующее данной волне. Чем больше снято таких точек, тем лучше можно построить график волномера. Для этой цели большую пользу радиолюбителю окажет приведенная в конце книги таблица.

Радиолюбительство, как и многое, что делает человечество, преследует некоторую цель, ведущую к совершенствованию интеллекта. Как и во всем, в нем возможно серьезное и несерьезное отношение к делу, и потому при работе с радиостанциями надо стремиться добиться возможно лучших результатов при наличных средствах. Как-бы ни были слабы материальные рессурсы радиолюбителя, всегда есть возможность провести некоторую научную работу. Для этого нужно прежде всего изучить действие своих приборов, возможно меньше принимать концерты и как можно лучше принимать на-слух. Любитель, неумеющий принимать наслух радиотелеграфную работу, будет чувствовать себя как в стране, языка которой он не знает. Он не узнает, что за станция работает в данный момент:—отдаленная ли это установка, телеграфный ключ которой нажимает сейчас какой-нибудь курчавый африканский негр или желтый маленький японец, или это какой-нибудь корабль, находящийся в десятке верст и передающий слабой энергией, чтобы не беспокоить соседей по рейду. Прием на-слух—это важнейшая часть радиолюбительства, это международный язык, который необходим всякому любителю. На радиостанции должен находиться международный служебный код и список станций с их позывами, временем работы и длинами волн. Это послед-

нее относится также и к любительским станциям, список которых также необходимо, по возможности, пополнять новыми услышанными корреспондентами. Наконец, на станции надо иметь и географическую карту для того, чтобы сразу иметь возможность найти положение неизвестной станции, как только она даст свою широту и долготу. Такого рода любительство будет действительно культурным совершенствованием и не только доставит наслаждение работающему, но и принесет пользу нашей родине.

ТАБЛИЦЫ И СПРАВКИ.

Расчет коэффициентов самоиндукций.

а) Формула Нагаоки $L = 0{,}00987 \cdot D^2 \cdot n^2{}_l\,l \cdot K$ в μH.

L—коэффициент самоиндукции в микрогенри (μH),
D—диаметр катушки в сантиметрах,
l—длина обмотанной части в сантиметрах,
K—коэффициент, зависящий от отношения $\frac{D}{l}$

ТАБЛИЦА I.

$\frac{D}{l}$	K	$\frac{D}{l}$	K	$\frac{D}{l}$	K	$\frac{D}{l}$	K
0,00	1	0,50	0,818	1,00	0,688	5	0,319
0,05	0,979	0,55	0,803	1,25	0,638	5,5	0,301
0,10	0,958	0,60	0,788	1,500	0,595	6	0,285
0,15	0,939	0,65	0,774	1,75	0,557	6,5	0,271
0,20	0,920	0,70	0,760	2,00	0,525	7	0,258
0,25	0,901	0,75	0,747	2,5	0,471	7,5	0,246
0,30	0,883	0,80	0,735	3,0	0,429	8	0,236
0,35	0,866	0,85	0,722	3,5	0,394	8,5	0,227
0,40	0,849	0,90	0,710	4,0	0,365	9,0	0,218
0,45	0,833	0,95	0,699	4.5	0,340	9,5	0,210

Значения K в таблице I показаны для простых однослойных катушек, для которых формула применяется непосредственно.

b) Плоские катушки (корзиночной и галеточной обмотки) могут быть расчитаны по той же формуле, если только считать в ней:

1) D—средний диаметр, т.-е. $\frac{D_1+d}{2}$ где D_1—внешний диаметр катушки, а d—внутренний;

2) l—считается по радиусу от центра, так что $l=\frac{D_1-d}{2}$. В том же направлении считается и число витков на см., т.-е. n_1.

c) Сотовые катушки, намотанные на станке в 19 спиц на цилиндре d=80 мм., могут быть точно расчитаны по прилагаемому графику (см. таблицу II).

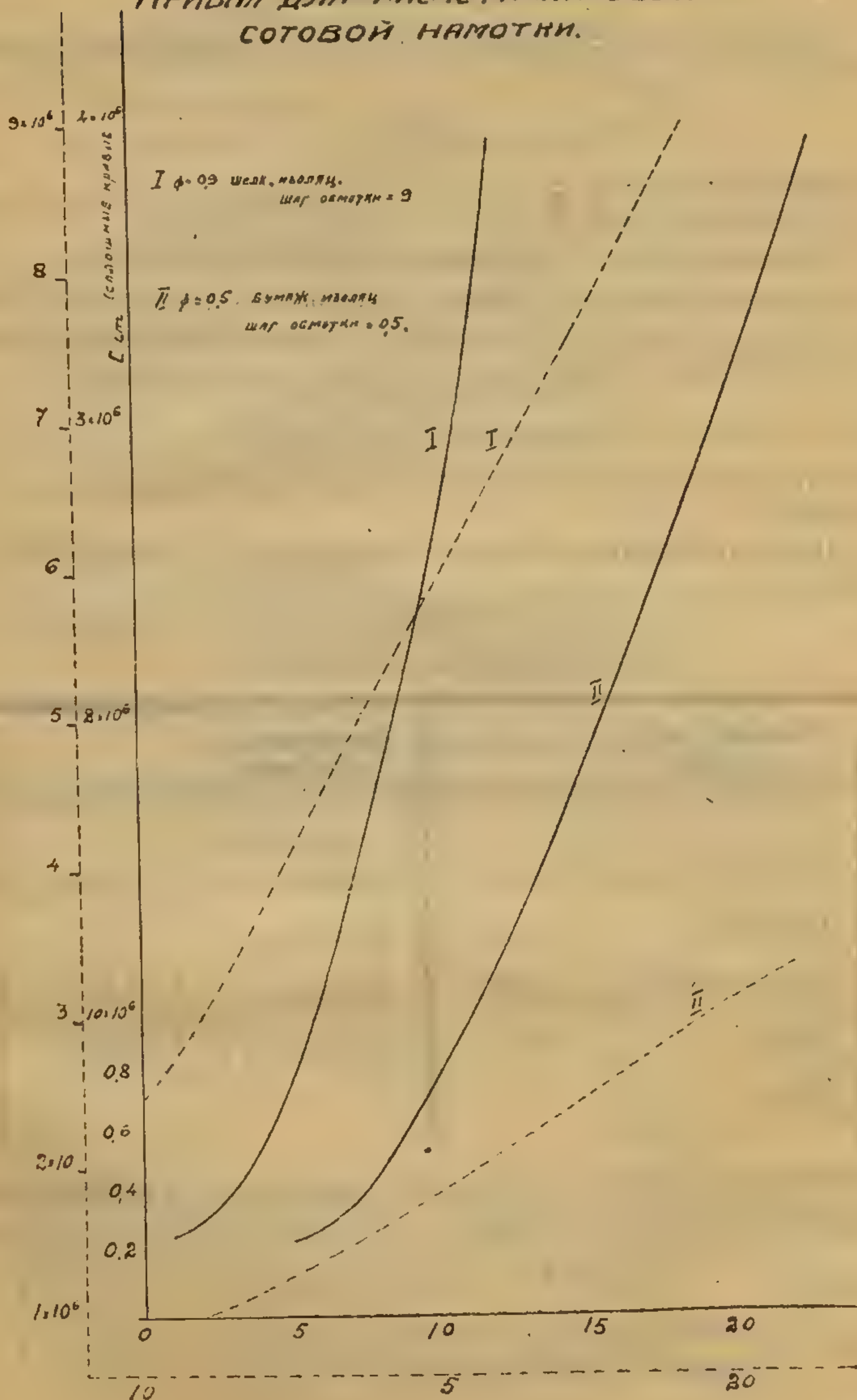
d) В качестве ориентировочного указания для покрытия данного диапазона может служить число витков в катушках фирмы Burndept, применяемых с конденсатором до 500 см. максимальной емкости.

ТАБЛИЦА III.

Число витков в катушках Burndept, для покрытия заданного диапазона с конденсатором C max.=500 см.

Номер катушки.	Число витков.	Диапазон.	Номер катушки.	Число витков.	Диапазон.
1	25	100— 250 м.	9	300	1.200— 3.000 м.
2	35	150— 350 »	10	400	1.500— 4.000 »
3	50	200— 500 »	11	500	2.000— 5.000 »
4	75	300— 700 »	12	600	2.500— 6.000 «
5	100	400—1.000 »	13	750	3.000— 8.000 »
6	150	500—1.500 »	14	1.000	4.000—10.000 »
7	200	800—2.000 »	15	1.250	5.000—15.000 »
8	250	900—2.500 »	16	1.500	6.000—18.000 »

ТАБЛИЦА II.



КРИВАЯ ДЛЯ РАСЧЕТА КАТУШЕК
СОТОВОЙ НАМОТКИ.
I ф=0,9 шелк. изоляц.
шаг обмотки = 9
II ф=0,5. бумаж. изоляц.
шаг обмотки = 0,5.
L см (сплошные кривые)
I
I
II
II
9·10⁶
4·10⁶
8
7
3·10⁶
6
5
2·10⁶
4
3
10·10⁶
0,8
0,6
2·10
0,4
0,2
1·10⁶
0
5
10
15
20
10
5
20

Расчет конденсаторов.

a) формула емкости плоского воздушного конденсатора в сантиметрах (C. G. S. st.):

$$C = \frac{1}{9 \cdot 10^5} \cdot \frac{S_{см.^2}}{4\pi \cdot e_{см.}}$$

S—полная действующая поверхность конденсаторных пластин в см.^{2} и e—расстояние между ними, т.-е. толщина диэлектрика.

Такой конденсатор, состоящий из двух пластин, имел бы довольно значительные размеры. Поэтому обыкновенно конденсаторы употребляют из большого числа пластин N, разделенных диэлектриком.

b) Формула многопластинчатого конденсатора такова

$$C = \frac{1}{9 \cdot 10^5} \cdot \frac{K \cdot (N-1)\ S_{см^2}}{4\pi \cdot e_{см.^2}}$$

N—есть число всех пластин положительного и отрицательного электродов.

Диэлектрическая постоянная K находится из таблицы IV.

ТАБЛИЦА IV.

Диэлектрическая постоянная K.

Название диэлектрика.	K.	Название диэлектрика.	K.
Воздух	1	Стекло	6—9
Парафин . . .	1,7—2,3	Масло сухое .	4,78
Сухая бумага .	2 прибл.	Керосин . . .	2,1
Эбонит	2—3	Шеллак . . .	2,95
Слюда	6		

c) Формула емкости переменного конденсатора из набора металлических полудисков, входящих на некоторый угол один в другой.

$$C_{см.} = K \cdot n\ \frac{(r_r^2 - r_0^2)}{4 \cdot e} \cdot \frac{\rho}{180}$$

n—число промежутков между пластинками,

r_r—радиус диска подвижной системы,

r_0—радиус выреза в неподвижной системе,

c—расстояние между пластинами,

ρ—угол поворота подвижной системы,

K—диэлектрическая постоянная (см. табл. IV).

d) Формула емкости цилиндрического конденсатора

$$C_{см.} = \frac{K \cdot r \cdot l}{2 \cdot e}$$

e—толщина диэлектрика в см.

r—средний радиус обоих цилиндров в см.

l—длина цилиндра (обкладки) в см.

Расчет сопротивлений.

Сопротивление постоянному току простого проводника может быть найдено из формулы

$$Rп = \rho \frac{l}{q}$$

где l—длина проводника в метрах, q—поперечное сечение в квадратных миллиметрах и ρ—удельное сопротивление в омах.

ТАБЛИЦА V.

Удельное сопротивление проводников.

Проводник.	ρ в омах.	ρ в э. м. ед
Медь	0,0175	1.750
Железо тверд.	0,1324	13.240
Нейзильбер	0,301	30.100
Никкель	0,130	13.000
Никкелин	0,450	45.000
Латунь	0,029	2.900
Манганин	0,42	42.000
Свинец	0,2076	20.760

Сопротивление, вычисленное по этой формуле, должно быть поправлено на изменение его при токах высокой частоты. Соединительные прямые проводники имеют вообще небольшое сопротивление и им можно пренебречь, но особо важный случай представляет собою изменение сопротивления катушки, включенной в цепь тока высокой частоты.

Называя R ее сопротивление при постоянном токе, R″—ее сопротивление при высокой частоте, имеем формулу

$$\frac{R''}{R} = 1 + 4{,}8 \cdot N^2 \cdot d^3 \sqrt{\frac{n}{\rho}}$$

где N—число оборотов на см. длины (то что в формуле Нагаоки называлось n_1), d—диаметр проводника в см., n—частота колебаний и ρ—удельное сопротивление в абсолютных электромагнитных единицах.

Пример.—Во сколько раз увеличится сопротивление медной спирали, делающей 4 оборота на см. длины оси, диаметр провода 2 мм. при частоте 1.000.000 пер./сек. λ=300 метр.

Имеем d=0,2 см., $n=10^6$, ρ=1.600, N=4;

$$\frac{R''}{R} = 1 + 15{,}36 = 16{,}36,$$ т.-е. более чем в шестнадцать раз.

Формула эта вполне точна только для однослойной спирали из проводника квадратного сечения (L. Cohen), но с некоторым приближением может быть применена и для других катушек для предварительных подсчетов.

Колебания высокой частоты.

a) Длина электромагнитной волны, в зависимости от ее периода T, выражается

$$\lambda_{\text{см.}} = v \cdot T$$

v—скорость электромагнитной волны и света, равная $3 \cdot 10^{10}$ см. в секунду.

b) Частота колебаний, в зависимости от длины волны, получается из формулы

$$n = \frac{v^{\text{ см.}/\text{sec.}}}{\lambda_{\text{ см.}}}$$

c) Длина волны, в зависимости от постоянных колебательной цепи (самоиндукции L и емкости C), выражается в виде:

$$1)\ \lambda_{см.} = 2\pi\sqrt{L_{см.}\ C_{см.}}$$

$$2)\ \lambda_{mt} = 0{,}05957\sqrt{L_{см.}\ C\mu F} = 1884\sqrt{L\mu H\ C\mu F}.$$

Емкость антенны.

Емкость антенны вычисляется из ее линейных размеров, т.-е. длины горизонтальной и вертикальной частей и высоты подвеса.

a) Емкость Т-образной однопроводной антенны может быть вычислена по формуле

$$C_{см.} = A \times l_v + B \times l_h \text{ (L. Cohen).}$$

lv—длина вертикальной части в метрах,

lh—длина горизонтальной части в метрах.

A и B—коэффициенты, меняющиеся от высоты подвеса h, и берутся из нижеследующей таблицы.

ТАБЛИЦА VI.

Коэффициенты A и B для формулы однопроводной антенны.

h м.	A.	B.
20	10,2	8,96
30	9,45	8,35
40	8,96	7,97
50	8,60	7,70

Пример.—Вычислить емкость Т-образной однопроводной антенны, высота подвеса 20 м., длина горизонтальной части 40 м., вертикальной 15 м. Имеем

$$C_{см.} = 10{,}2 \cdot 15 + 8{,}96 \cdot 40 = 511 \text{ см.}$$

b) Емкость антенны из нескольких проводников подсчитывается по формуле Остина (Austin)

$$C_{см.} = 36\sqrt{l \cdot b} + 8\frac{l \quad b}{h}$$

в которой

l—длина горизонтальной части в метрах,
b—ширина горизонтальной части в метрах,
h—высота подвеса сети.

Если длина горизонтальной части больше в восемь раз (или более) ширины сети, то результат, полученный по приведенной формуле, помножается на коэффициент A, вычисленный по формуле

$$A = (1 + 0{,}015\frac{l}{b})$$

где l—длина и b—ширина сети, как и в основной формуле.

П р и м е р.—Вычислить емкость двухпроводной антенны, состоящей из горизонтальной части l=30 метров, вертикальной 20 метров (высота подвеса такая же) и расстояние между проводниками 1,5 метра (ширина сети). Имеем, следовательно:

$$C = 36\sqrt{30 \cdot 1{,}5} + 8 \cdot \frac{30 \cdot 1{,}5}{20} = 259 \text{ см.}$$

Так как $\frac{l}{b} = \frac{30}{1{,}5} = 20 > 8$, то вычисляем еще поправочный коэффициента.

$$A = (1. + 0{,}015\frac{30}{1{,}5}) = 1{,}3$$

тогда окончательно

$$C_{см.} = 259 \cdot 1{,}3 = 337 \text{ см. около } 340 \text{ см.}$$

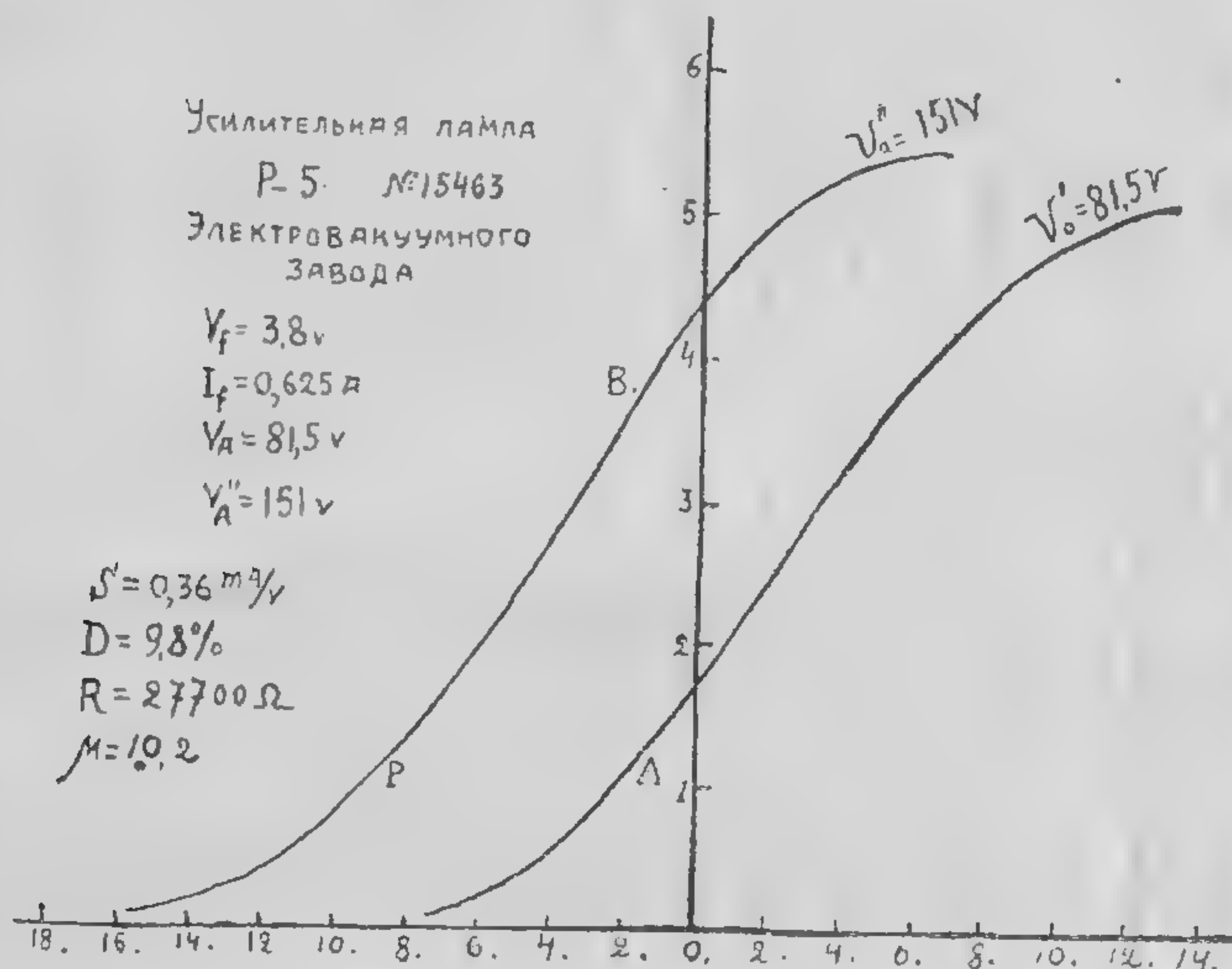
Емкость этой сети, вычисленная точно, около 410 см.

Параметры лампы.

Параметрами или постоянными катодной лампы называются ее коэффициент усиления в вольтах K, наклон характеристики в ее прямолинейной части S и внутреннее сопротивление R. Все эти величины легко вычисляются из группы характеристик, снятых с лампы при одном и том же накале и различных анодных напряжениях.

На таблице VII, представляющей собою две характеристики, снятые с приемной лампы типа Р5, показаны треугольник РВА, из которого вычисляются указанные параметры

ТАБЛИЦА VII.



$$K = \frac{V''_a - V'_a}{AP} \quad S = \frac{AB}{AP}, \quad R = \frac{V''_a - V'_a}{AB}$$

Величины AB и AP должны быть подставлены в приведенные формулы, уже переведенные в масштабе, т.-е. AB—в миллиамперах и AP—в вольтах.

ТАБЛИЦА VIII.

7. **Передача европейских радиостанций,** дающих сообщения прессы, метеорологические сведения и концерты.

Прием предполагается на трехламповый приемник с регенерацией и настроенным анодом и антенну высотой 20 м.

Место приема—центр России.

Таблица VIII. Время средне-европейское M. E. Z. ($00^h 00^m$ MEZ = $01^h 00$ Ленингр.).

Время передачи.	Название станции	Позывной.	Длина волны λ	Система станции.	Что передает.
00—55	Науэн	POZ	13.000	нез.	Сигналы времени.
01—00			3.100	зат.	
1^{00}—1^{30}	Москва	RDW	5.000	зат.	Сообщение прессы.
3^{00}	Лондон	GFA	4.100	нез.	Бюллетень погоды.
3^{00}—4^{00}	Рим-Кольтано	ICD	4.500	нез.	Сообщение прессы.
[illegible]	Варшава	WAR	2.300	зат.	Бюллетень погоды.
5^{00}—6^{00}	Рим-Кольтано	ICD	4.500	нез.	Сообщение прессы.
5^{00}	Париж	FL	7.300	»	Бюллетень погоды.
7^{00}—7^{30}	Рига	KCA	1.400	зат.	Сообщение прессы.
7^{00}	Лондон	GF	4.100	нез.	Бюллетень погоды.
7^{30}	Либава	KCB	1.200	»	» »
7^{30}	Прага	PRG	4.500	»	Сообщение прессы.
7^{35}—7^{50}	Кенигсвустергаузен . .	LP	5.700	»	Бюллетень погоды.
7^{40}—8^{00}	Париж	LF	2.600	телеф.	» »

Таблица VIII.

Время передачи.	Название станции.	Позывной.	Длина волны. λ	Система станции.	Что передает.
8^{00}	Париж	FL	3.200	нез.	Телеграфный обмен.
8^{05}	Афины	SXG	3.600	зат.	Бюллетень погоды.
8^{05}	Либава	KCB	1.200	»	» »
8^{30}	Гибралтар	BVW	4.000	нез.	» »
8^{30}	Мальта	BUG	4.500	»	» »
8^{35}	Люнгбю	OXE	3.650	»	» »
8^{40}	Карлсборг	SAI	4.200	»	» »
8^{50}	Христиания	LCH	8.000	»	» »
9^{00}	Лондон	GFA	4.100	»	» »
9^{15}	Варшава	WAR	2.300	зат.	» »
9^{30}—12^{00}	Харьков	RAZ	4.000	нез.	Сообщение прессы.
9^{55}	Гельсингфорс	OJA	5.700	»	Сигналы времени.
10^{00}	Париж	FL	2.600	зат.	» »

Таблица VIII.

Время передачи.	Название станции.	Позывной.	Длина волны. λ	Система станции.	Что передает.
10^{00}	Немецкие широковещательные станции . . .	—	400 до 500 мт.	телеф.	Новости дня и биржи.
10^{05}—10^{25}	Кенигсвустергаузен . .	LP	5.700	нез.	Бюллетень погоды.
10^{20}	Будапешт	HB	3.000	зат.	» »
10^{25}—10^{30}	Париж	FL	2.600	»	Сигналы времени.
11^{00}	»	«	2.600	»	Бюллетень погоды.
11^{20}—12^{30}	Английские широковещательные станции . . .	—	от 353 до 415	телеф.	Концерты.
11^{43}—11^{49}	Париж	FL	2.600	зат,	Сигналы времени.
11^{50}—12^{50}	Кенигсвустергаузен . .	LP	2.800 и 4.000	телеф.	Концерт (только по воскресеньям).
12^{00}—12^{30}	Люнгбю	OXE	3.650	нез.	Пресса.
12^{00}	Науэн	POZ	4.900	«	Телеграфн. обмен.
12^{30}	Париж-Клиши	SFR	1.780	телеф.	Концерт.
12^{30}	Париж	FL	7.300	нез.	Пресса.

Таблица VIII.

Время передачи.	Название станции.	Позывной.	Длина волны. λ	Система станции.	Что передает.
12^{55}	Берлин	—	415	телеф.	Сигналы времени.
12^{55}	Лейпциг	—	450	»	» »
12^{55}	Науэн	POS	3.100	зат.	Пресса.
13^{00}	Прага	PRG	4.500	нез.	»
13^{05}	Берлин	—	415	телеф.	Бюллетень погоды.
13^{15}	Карлсборг	SAI	2.500	зат.	» »
14^{00}	Вена	OHD	5.600	нез.	» »
14^{35}	Люнгбю	OXE	3.650	»	» »
14^{36}	Лондон	GFA	1.680	»	» »
14^{40}	Карлсборг	SAI	4.200	»	» »
15^{00}	Лондон	GFA	4.100	»	» »
15^{15}	Варшава	WAR	2.300	зат.	» »
15^{20}	Париж	FL	7.300	нез.	» »
15^{40}	Кенигсвустергаузен . .	LP	5.700	»	» »

Таблица VIII.

Время передачи.	Название станции.	Позывной.	Длина волны λ	Система станции.	Что перецает.
15^{50}	Лондон	GFA	4.100	нез.	Бюллетень погоды.
15^{55}	Гельсингфорс	OJA	5.700	»	» »
16^{00}—16^{30}	Афины	SXG	4.000	«	Пресса.
16^{30}—18	Немецкие широковещательные станции . . .	—	400 до 500	телеф.	Сообщения биржи.
16^{30}	Прага	PRG	4.500	нез.	Бюллетень погоды.
17^{00}—19^{00}	Лейпциг	—	450	телеф.	Концерты по воскресеньям.
17^{00}—17^{30}	Будапешт	HB	4.500	нез.	Бюллетень погоды.
17^{30}—18^{00}	Прага	PRG	4.500	»	Пресса.
17^{35}	Лондон	GFA	1.680	»	Бюллетень погоды.
18^{00}—19^{00}	Берлин	—	415	телеф.	Концерты по воскресеньям.
19^{00}—10^{30}	Гельсингфорс	OJA	5.600	нез.	Пресса.
19^{15}	Прага	PRG	1.100	телеф.	Концерт.
19^{20}	Париж	FL	2.600	»	Бюллетень погоды.

Таблица VIII.

Время передачи.	Название станции.	Позывной.	Длина волны. λ	Система станции.	Что передает.
19^{35}	Люнгбю	OXE	3.650	нез.	Бюллетень погоды.
19^{40}	Гибралтар	BVW	4.800	»	» »
19^{40}	Карлсборг	SAJ	4.200	»	» »
19^{50}	Мальта	BUZ	4.500	»	» »
20^{00}	Лондон	GFA	4.100	»	» »
20^{15}	Варшава	WAR	2.300	зат.	» »
20^{15}—21^{15}	Прага	PRG	1.100	телеф.	Сообщения и концерт.
20^{30}—21^{30}	Берлин	—	415	»	Концерт.
20^{30}—21^{30}	Кенигсвустергаузен . .	LP	480	»	»
20^{40}	» . .	»	5.700	нез.	Бюллетень погоды.
20^{45}—22^{30}	Париж	SFR	1.780	телеф.	Концерт.
21^{00}	Будапешт	HB	4.500	нез.	Пресса.
21^{00}	Москва	RAI	6.500	»	Бюллетень погоды.
21^{00}	Лондон	GFA	4.100	»	» »

Таблица VIII.

Время передачи.	Название станции.	Позывной.	Длина волны. λ	Система станции.	Что передает.
21^{00}	Карлсборг	SAX	2.500	зат.	Пресса.
21^{00}	Кенигсвустергаузен . .	LP	5.700	нез.	»
21^{30}	Харьков	RAZ	4.000	»	»
21^{30}	Прага	PRG	4.500	»	Бюллетень погоды.
21^{45}	Берлин		415	телеф.	Концерт.
21^{50}	Берген	LGN	1.850	нез.	Бюллетень погоды.
22^{45}	Норддейх	KAV	1.800	телеф.	» »
22^{55}	Москва	RAI	5.000	зат.	Сигналы времени.
23^{00}—03^{03}	Москва	»	4.500	»	Пресса.
28^{00}	Париж	FL	2.600	»	Сигналы времени.
23^{10}	Москва	RAI	5.000	»	Бюллетень погоды.
23^{15}	Париж	FL	2.600	телеф.	» »
23^{35}	»	»	2.600	зат.	» »
23^{44}	»	»	2.600	»	Сигналы времени.

ТАБЛИЦА IX.

Широковещательные станции, которые хорошо слышны в Ленинграде на регенеративный приемник с четырьмя лампами (типа приема на рамку, на стр. 84).

Гамбург	395 м.	1,5 KW
Мюнстер	410 м.	1,5 KW
Бреславль	418 м.	1,5 KW
Штуттгарт	443 м.	1,5 KW
Лейпциг	454 м.	1,5 KW
Берлин	505 м.	1,5 KW
Кенигсвустергаузен	680 м.	6 KW
»	2.550 м.	5. KW
» . . . . . (концерты)	2.800 м.	4 KW
Эберсвальде	3.150 м.	4 KW
Кенигсвустергаузен . . . . . (бирж. свед.).	4.000 м.	10 KW
Брюссель	265 м.	2,5 KW
Кардифф	301 м.	1,5 KW
Лондон	365 м.	1,5 KW
Манчестер	375 м.	1,5 KW
Бурнемус	385 м.	1,5 KW
Ньюкэстль	400 м.	1,5 KW
Глэзго	420 м.	1,5 KW
Гаага	1.070 м.	1,3 KW
Чельмсфорд	1.600 м.	20,0 KW
Париж	1.780 м.	10,0 KW
Люнгбю	2.400 м.	10,0 KW
Париж	2.600 м.	5,0 KW

КОД МОРЗЕ.

Алфавит.

Русский.	Междуна-родный.	Знаки Морзе.	Русский.	Междуна-родный.	Знаки Морзе.
а	a	. —	с	s	. . .
б	b	— . . .	т	t	—
в	w	. — —	у	u	. . —
г	g	— — .	ф	f	. . — .
д	d	— . .	х	h	. . . .
е (э)	e	.	ц	c	— . — .
ж	v	. . . —	ч	ö	— — — .
з	z	— — . .	ш	ch	— — — —
и	i	. .	щ	q	— — . —
к	k	— . —	ь	x	— . . —
л	l	. — . .	ю	ü	. . — —
м	m	— —	ы	y	— . — —
н	n	— .	я	ä	. — . —
о	o	— — —	ѣ	é	. . — . .
п	p	. — — .	й	j	. — — —
р	r	. — .			

ЦИФРЫ:

1 . — — — —

2 . . — — —

3 . . . — —

4 . . . . —

5 . . . . .

6 — . . . .

7 — — . . .

8 — — — . .

9 — — — — .

0 — — — — —

ЗНАКИ ПРЕПИНАНИЯ И ДРУГИЕ.

Точка	. . . . . .
Вопросительный знак или требов. повторения	. . — — . .
Восклицательный знак	— — . . — —
Тире	— . . . . . —
Дробная черта	— . . — .
Знак начала работы	— . — . —
Раздел между адресом и текстом и между текстом и подписью	— . . . —
Ошибка	. . . .
Конец передачи	. — . — .
Приглаш. к передаче	— . —
Обождать	. — . . .
Принятие сигнала	. — .
Конец работы	. . . — . —
Вызов всех станций	— . — . — — . —

---

9. Список сокращений употребляемых при радиотелеграфных переговорах.

Сокращения.	Вопрос.	Ответ.
CQ		Вызов всех станций.
		Сигнал, обозначающий, что передача касается судовых станций.
— — ... — —	mim	Предупреждение о том, что данная станция сейчас начнет работать большой мощностью.
PRB	Желаете ли вы сноситься с моей станцией при помощи международного кода сигналов.	Я желаю сноситься с вашей станцией при помощи международного кода сигналов.
QRA	Каково название вашей станции.	Это—станция ....
QRB	Как далеко находитесь вы от моей станции.	Расстояние между нашими станциями .... морских миль.

Сокращения.	Вопрос.	Ответ.
QRC	Каково ваше истинное местоположение.	Мое истинное местоположение .... градусов.
QRD	Куда вы направляетесь.	Я направляюсь в ....
QRF	Откуда вы идите.	Я иду из ....
QRG	Какой кампании вы принадлежите.	Я принадлежу ....
QRH	Какова ваша длина волны.	Моя длина волны .... метров.
QRI	Сколько слов вы должны передать.	Я должен передать .... слов.
QRK	Как вы принимаете.	Я принимаю хорошо.
	Принимаете ли вы плохо	Я принимаю плохо.
	Должен ли я дать 20 раз сигнал . . . - . , чтобы вы могли настроиться.	Дайте 20 раз . . . - . . чтобы я мог настроиться.
QRM	Мешают ли вам.	Мне мешают.
QRN	Очень ли сильны атмосферные разряды:	Атмосферные разряды очень сильны.
QRO	Должен ли я увеличить мощность.	Увеличьте вашу мощность
QRP	Должен ли я уменьшить свою мощность.	Уменьшите вашу мощность.
QRQ	Должен ли я передавать быстрей.	Передавайте быстрей.
QRS	Должен ли я передавать реже.	Передавайте реже.
ORT	Должен ли я прекратить передачу	Прекоатите передачу.
QRU	Имеете ли что нибудь для меня.	Я ничего не имею для вас.
QRV	Готовы ли вы.	Я готов. Все в порядке.
QRW	Заняты ли вы.	Я занят с другой станцией (или .... пожалуйста, не мешайте).
QRX	Должен ли я ждать.	Ждите. Я вызову вас в .... часов (или когда мне будет нужно).
QRY	Какова моя очередь.	Ваша очередь ....
QRZ	Слабы ли мои сигналы.	Ваши сигналы слабы.
QSA	Сильны ли мои сигналы.	Ваши сигналы сильны.

Сокращения.	Вопрос.	Ответ.
QSB	Плох ли мой тон. Плоха ли моя искра.	Тон плохой. Искра плоха.
QSC	Плохи ли у меня промежутки между буквами.	Промежутки плохи.
QSD	Сравним наши часы. По моим часам .... часов. Который час по вашим часам	По моим часам ...... часов.
QSF	Должны ли радиотелеграммы передаваться попеременно или сериями.	Передача будет происходить в попеременном порядке.
QSG	—	Передача будет серьями по пять радио-телеграмм.
QSH	—	Передача будет сериями по десять радио-телеграмм.
QSJ	Какую брать плату за	Нужно брать плату ......
QSK	Отменена ли последняя радиотелеграмма.	Последняя радио - телеграмма отменена.
QSL	Получили ли вы квитанцию.	Пожалуйста, дайте квитанцию.
QSM	Каков ваш истинный курс.	Мой истинный курс ...... градусов.
QSN	Имеете ли вы связь с береговой станцией.	Я не имею связи с береговой станцией.
QSO	Имете ли вы связь с другой станцией (или с ....)	Я имею связь с .... (через ....).
QSP	Должен ли я сообщить ...., что вы вызываете его.	Сообщите ...., что я вы-
QSQ	Вызывал ли меня	Вас вызывал.....
QSR	Препроводите ли вы радио телеграмму.	Я препровожу радио-телеграмму.
QST	Получили ли вы общий вызов.	Общий вызов всех станций
QSU	Пожалуйста, вызовите меня, когда кончите (или в .... часов).	Я вызову вас, когда кончу.
QSV	Заняты ли вы частной корреспонденцией.	Занят частной корреспонденцией.
QSW	Должен ли я увеличить частоту искры.	Увеличьте частоту искры.
QSX	Должен ли я уменьшить частоту искры.	Уменьшите частоту искры.

Сокращения.	Вопрос.	Ответ.
QSY	Должен ли я передавать на длине волны ...... метров.	Передавайте на длине волны......... метров.
	—	Передавайте каждое слово дважды. Мне трудно принимать ваши сигналы.
TA	—	Передавайте каждую радиотелеграмму дважды. Мне трудно принимать ваши сигналы или повторите только что переданную радиотелеграмму. Прием сомнителен.
PB	—	Число слов не сходится. Я повторю первую букву каждого слова и первую цифру каждой группы.
TC	Имеете ли вы что либо для передачи.	Я имею нечто для передачи.
		Я имею одну или несколько радиотелеграмм для ....

Если вслед за сокращением передается вопросительный знак, то сокращение имеет смысл вопроса.

Кроме этих сигналов, при переговорах можно пользоваться следующими сигналами международного телеграфного кода:

. . - - . . просьба повторить (кроме того, вопросительный знак).

. . . - . ясно вижу. Понял.

. - . . . обождать.

ПРИМЕР:

Станции.		
A	QRA	Каково название вашей станции.
B	QRA	«Кампания». Это—«Кампания».
A	QRR	Какой кампании вы принадлежите.
B	QRG Кунард. QRZ	Я принадлежу кампании «Кунард Лайн»: Ваши сигналы слабы.

Тогда станция увеличивает свою мощность и дает

A	QRK	Как вы принимаете.
B	QRK	Я принимаю хорошо.
	QRB 80	Расстояние между нашими станциями 80 морских миль.
	QRC 62	Мое истинное местоположение 62 градуса и т. д.

[illegible] 7/II 32

[illegible]

40 [illegible]